

DICTIONNAIRE DE PHYSIOLOGIE

PAR
CHARLES RICHEL

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

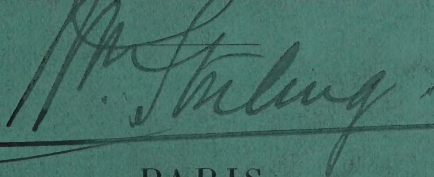
AVEC LA COLLABORATION

DE

MM. E. ABELOUS (Toulouse) — ANDRÉ (Paris) — S. ARLOING (Lyon) — ATHANASIU (Bukarest)
BARDIER (Toulouse) — R. DU BOIS-REYMOND (Berlin) — G. BONNIER (Paris) — F. BOTTAZZI (Florence)
E. BOURQUELOT (Paris) — A. BRANCA (Paris) — ANDRÉ BROCA (Paris) — J. CARVALLO (Paris)
CHARRIN (Paris) — A. CHASSEVANT (Paris) — CORIN (Liège) — CYON (Paris) — A. DASTRE (Paris)
R. DUBOIS (Lyon) — W. ENGELMANN (Berlin) — G. FANO (Florence) — X. FRANÇOTTE (Liège)
L. FREDERICQ (Liège) — J. GAD (Leipzig) — GELLÉ (Paris) — E. GLEY (Paris) — L. GUINARD (Lyon)
H. J. HAMBURGER (Groningen) — M. HANRIOT (Paris) — HÉDON (Montpellier) — P. HÉGER (Bruxelles)
F. HEIM (Paris) — P. HENRIJEAN (Liège) — J. HÉRICOURT (Paris) — F. HEYMANS (Gand)
J. IOTYKO (Bruxelles) — H. KRONECKER (Berne) — P. JANET (Paris) — LAHOUSSE (Gand)
LAMBERT (Nancy) — E. LAMBLING (Lille) — LAUNOIS (Paris) — P. LANGLOIS (Paris) — L. LAPICQUE (Paris)
R. LÉPINE (Lyon) — CH. LIVON (Marseille) — E. MACÉ (Nancy) — GR. MANCA (Padoue) — MANOUVRIER (Paris)
M. MENDELSSOHN (Petersbourg) — E. MEYER (Nancy) — MISLAWSKI (Kazan) — J.-P. MORAT (Lyon)
A. MOSSO (Turin) — NEVEU-LEMAIRE (Lyon) — M. NICLOUX (Paris) — J.-P. NUEL (Liège)
AUG. PERRET (Paris) — E. PFLÜGER (Bonn) — A. PINARD (Paris) — F. PLATEAU (Gand) — M. POMPILIAN (Paris)
G. POUCHET (Paris) — E. RETTERER (Paris) — J. ROUX (Paris) — P. SÉBILEAU (Paris)
C. SCHÉPILOFF (Genève) — J. SOURY (Paris) — W. STIRLING (Manchester) — J. TARCHANOFF (Petersbourg)
TIGERSTEDT (Helsingfors) — TRIBOULET (Paris) — E. TROUSSERT (Paris) — H. DE VARIGNY (Paris)
N. VASCHIDE (Paris) — M. VERWORN (Göttingen) — E. VIDAL (Paris) — G. WEISS (Paris)
E. WERTHEIMER (Lille)

TROISIÈME FASCICULE DU TOME VII

AVEC GRAVURES DANS LE TEXTE



PARIS

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}

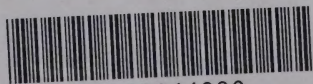
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108.

—
1907

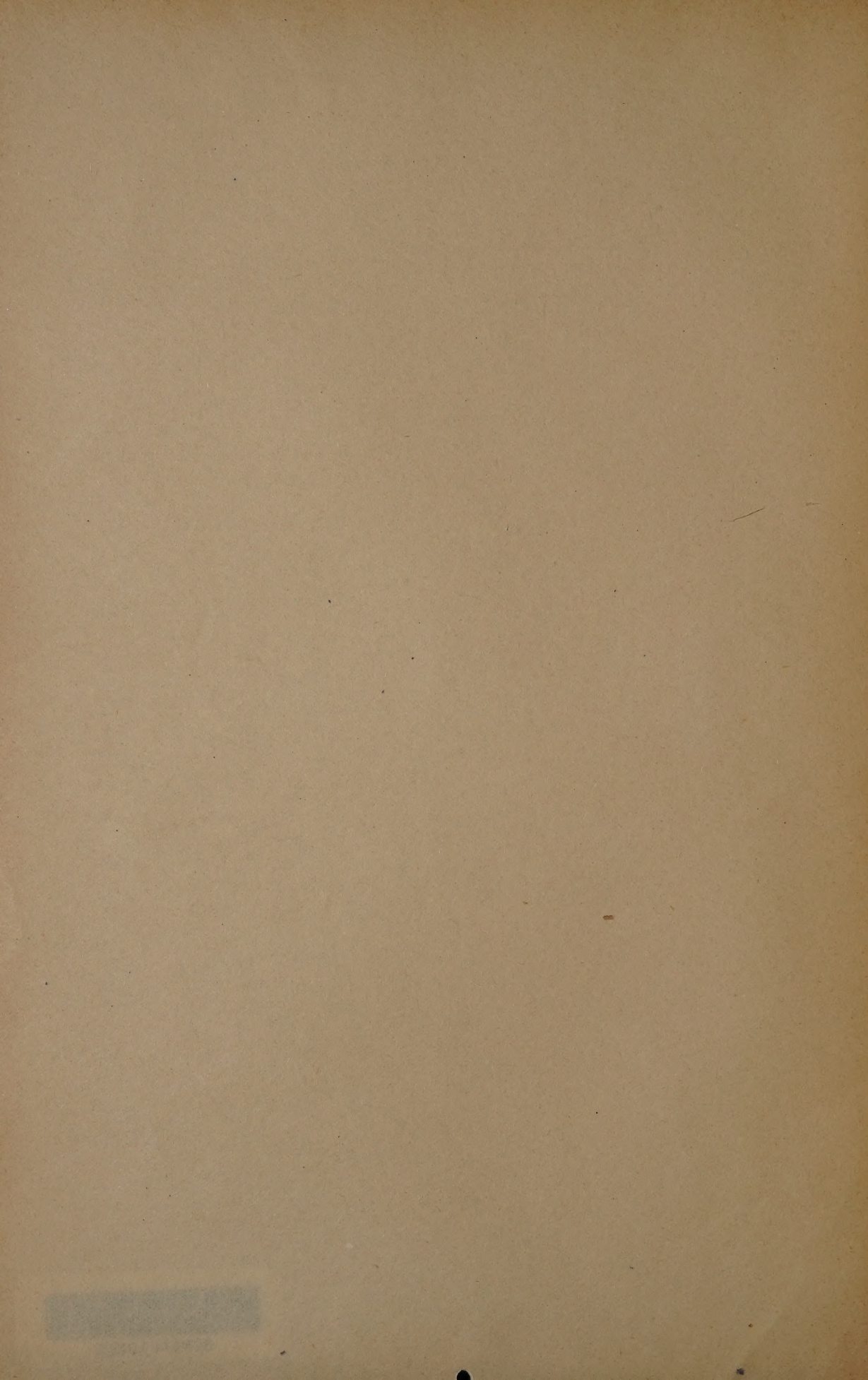
M

3792

Tome VII. — 3^e Fascicule.



22502944936



DICTIONNAIRE
DE
PHYSIOLOGIE

TOME VII

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY	
Coll.	WellMCmac
Coll.	
No.	M
	3792

DICTIONNAIRE DE PHYSIOLOGIE

PAR
CHARLES RICHET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

AVEC LA COLLABORATION

DE

MM. E. ABELOUS (Toulouse) — ANDRÉ (Paris) — S. ARLOING (Lyon) — ATHANASIU (Bukarest)
BARDIER (Toulouse) — R. DU BOIS-REYMOND (Berlin) — G. BONNIER (Paris) — F. BOTTAZZI (Florence)
E. BOURQUELOT (Paris) — A. BRANCA (Paris) — ANDRÉ BROCA (Paris) — J. CARVALLO (Paris)
CHARRIN (Paris) — A. CHASSEVANT (Paris) — CORIN (Liège) — CYON (Paris) — A. DASTRE (Paris)
R. DUBOIS (Lyon) — W. ENGELMANN (Berlin) — G. FANO (Florence) — X. FRANCOU (Liège)
L. FREDERICQ (Liège) — J. GAD (Leipzig) — GELLÉ (Paris) — E. GLEY (Paris) — L. GUINARD (Lyon)
H. J. HAMBURGER (Groningen) — M. HANRIOT (Paris) — HÉDON (Montpellier) — P. HÉGER (Bruxelles)
F. HEIM (Paris) — P. HENRIJEAN (Liège) — J. HÉRICOURT (Paris) — F. HEYMANS (Gand)
J. IOTYKO (Bruxelles) — H. KRONECKER (Berne) — P. JANET (Paris) — LAHOUSSE (Gand)
LAMBERT (Nancy) — E. LAMBLING (Lille) — LAUNOIS (Paris) — P. LANGLOIS (Paris) — L. LAPICQUE (Paris)
R. LÉPINE (Lyon) — CH. LIVON (Marseille) — E. MACÉ (Nancy) — GR. MANCA (Padoue) — MANOUVRIER (Paris)
M. MENDELSSOHN (Petersbourg) — E. MEYER (Nancy) — MISLAWSKI (Kazan) — J.-P. MORAT (Lyon)
A. MOSSO (Turin) — NEVEU-LEMAIRE (Lyon) — M. NICLOUX (Paris) — J.-P. NUEL (Liège)
AUG. PERRET (Paris) — E. PFLÜGER (Bonn) — A. PINARD (Paris) — F. PLATEAU (Gand) — M. POMPILIAN (Paris)
G. POUCHET (Paris) — E. RETTERER (Paris) — J. ROUX (Paris) — P. SÉBILEAU (Paris)
C. SCHÉPILOFF (Genève) — J. SOURY (Paris) — W. STIRLING (Manchester) — J. TARCHANOFF (Petersbourg)
TIGERSTEDT (Helsingfors) — TRIBOULET (Paris) — E. TROUESSART (Paris) — H. DE VARIGNY (Paris)
N. VASCHIDE (Paris) — M. VERWORN (Göttingen) — E. VIDAL (Paris) — G. WEISS (Paris)
E. WERTHEIMER (Lille)

TOME VII

G

AVEC 159 GRAVURES DANS LE TEXTE

PARIS

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1907

3^{me} Série. — 5 Papilles de la moitié gauche antérieure de la langue
à 1 cm. environ de la pointe.

PAPILLE	SEL MARIN.	SUCRE DE CANNE.	ACIDE CHLORHYDRIQUE.	SULFATE DE QUININE.
1	O O O Un peu frais. O	O O O O O	Légère sensation thermique. O Légère sensation de piqûre, sucré. O Lég. sent. de piquûre.	O O O O O
2	O O O Sensation tactile légère: un peu chaud. O	O O O O Frais.	O O Un peu chaud. O O	? sens. thermique. O O O Un peu frais.
3	O O O O O	O O Un peu frais. Sens. tact. légère. O	O O O O O	O O O O O
4	Frais. O O O O	Un peu frais. O Frais. O O	O O O O O	O Frais. " O O
5	Faiblement + ou acide. Faiblement + + ou acide. Indéf., métallique. certainement pas sucré ou amer. Entre + et acide, f.	Indéfinissable? Faiblement + Indéf., frais. O Indéf. avec sensa- tion tactile. O	Légère sensation de piqûre. O O O O	O Frais. Légère sens. tact. et thermique. Frais. "

4^{me} Série. — 5 Papilles du bout de la langue situées à droite de la ligne médiane.

1	Entre + et acide Faiblement + avec sensation tactile. + + ou acide Frais, sens. tact.	Indéfinissable. O Très faiblement amer O Frais.	+ et sens. de piquûre. + ou salé, sens. tact. + f. Sensation de piquûre Légère sensation de piquûre.	Indéfinissable. Frais. " Difficile à définir.
2	Indéf., sens. tact. ? acide avec sensation tactile. Très faiblement. acide Indéf. forte sensation tactile. O	Faiblement + " + O Sensation tactile. O	+ f. sensation tact. Forte sens. tact. Sens. tact. légère. ? Sucré, frais.	Frais. O Indéfinissable. ? sucré. Frais.
3	Sucré, goût second. " " " Sens. tact. acide. +	+ imm. + " + " + faible, mais immédiatement.	Indéf., sens. tact. + sens. tact. Forte sens. tact. Sens. tact.	Indéfinissable. ? sens. tact. O Sens. tact.
4	? + sensation tact.		Sensation de piquûre.	O
5	Sucré avec sensation tactile. Sucré avec sensation tactile. Acide avec sensation tactile. Sensation tactile légère. Légère sens. de piquûre.	+ avec sens. tact. + imm. + " + imm. avec goût second. + imm.	+ sens. tact. Sens. tact. + f. sens. tact. + f. " " ? + " "	? + + + + et frais. Sens. tact.
6	O Sens. tact. " " " " légère. Indéfinissable.	Sens. tact. légère. Sens. tact. Sens. tact. légère. " " "	Indéfinissable. " Frais, f., sens. tact. O	Frais. Sens. tact. Frais. O O

de l'impression reçue. J'attendais alors 2-3 minutes avant de recommencer. Après chaque série, nous avons laissé passer un intervalle de 5 minutes au moins. Je changeais constamment aussi l'ordre des substances gustatives que je passais au sujet, lui donnant cependant, le plus souvent, la solution de quinine à la fin d'une série, parce que les saveurs amères laissent, en général, une saveur consécutive de plus longue durée. Dans les cas où, pour changer l'ordre, je donnais la solution de quinine au commencement ou au milieu d'une série, je faisais interrompre les expériences pendant un intervalle de temps assez prolongé. L'observation de toutes ces règles justifie, j'ose le croire, l'assertion que la méthode, par nous suivie, était complètement celle d'ignorance. »

Chaque papille a été stimulée, en règle générale, cinq fois avec chaque substance gustative. Dans le tableau de la page 641, + indique une réaction positive; ? veut dire peut-être; f. = faible; imm. = immédiatement; 0 = aucune réaction. Les autres réponses sont écrites en toutes lettres, ou bien l'abréviation est facile à comprendre.

« Je remarque, conclut KIESOW, avant d'aller plus loin, que, en résumant les résultats donnés dans les tableaux, je n'ai tiré aucune conclusion décisive, quant à la faculté gustative d'une papille, si celle-ci n'avait pas réagi au moins deux fois positivement : car, malgré tous nos soins, on ne peut exclure toute erreur d'expérience, par exemple, qu'une ou plusieurs papilles voisines soient stimulées en même temps, ou que la petite goutte déposée sur la papille qu'on veut stimuler ne vienne à couler sur les papilles voisines. »

Voici quelques-unes de ces données expérimentales; elles sont intéressantes à être considérées.

KIESOW a étudié en tout 39 papilles fongiformes. Sur ce nombre, 4 ne réagissaient pour aucune des quatre substances gustatives.

Si nous considérons comme faisant défaut les réactions marquées *peut-être* (?), sur les 35 papilles, qui restent :

18 réagissaient pour le sel	3 pour le sel exclusivement.
26 — — le sucre.	7 — le sucre. —
18 — — l'acide chl.,	3 — l'acide chl. —
13 — — la quinine.	0 — la quinine. —

Si, au contraire, nous considérons les réactions douteuses comme positives, nous aurons, pour les 35 papilles,

31 réagissant pour le sel,	0 pour le sel exclusivement.
31 — — le sucre,	1 — le sucre —
29 — — l'acide chl.,	0 — l'acide chl. —
21 — — la quinine,	1 — la quinine —

Dans le premier cas, parmi les 35 papilles,

17 ne réagissaient pas pour le sel.
9 — — le sucre.
17 — — l'acide chl.
22 — — la quinine.

Dans le second cas,

4 ne réagissaient pas pour le sel.
4 — — le sucre.
6 — — l'acide chl.
14 — — la quinine.

Mentionnons, du même KIESOW, la communication qu'il fit le 14 novembre 1902 à l'Académie R. de méd. de Turin, sur « *La présence de boutons gustatifs à la surface linguale de l'épiglotte humaine, avec quelques réflexions sur les mêmes organes qui se trouvent dans la muqueuse du larynx* » (A. i. B., 1902).

Les expériences de SCHREIBER sont en contradiction avec celles de KIESOW. SCHREIBER, employant des solutions de sucre cristallisé, de sel marin, de chlorhydrate de quinine et d'acide citrique, après avoir fait plus de 6.300 expériences, arrive aux conclusions suivantes: L'amer est perçu à la partie postérieure de la langue au niveau des papilles

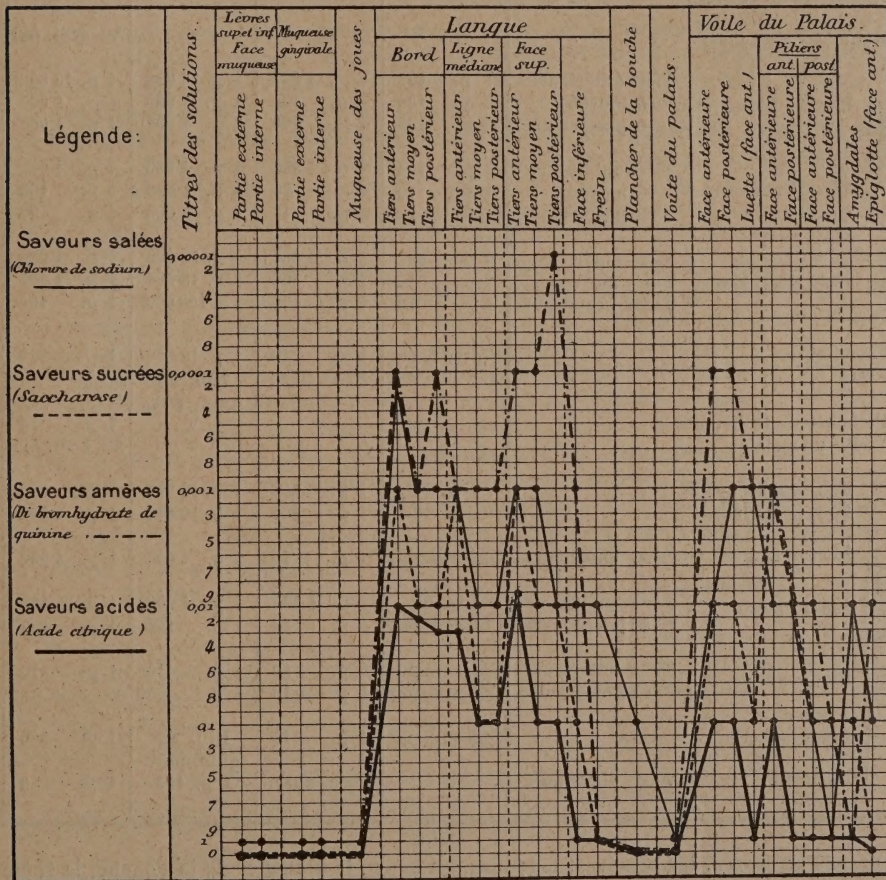
caliciformes, des bords et de la pointe de la langue. La partie postérieure et la face dorsale de la langue, les bords et la pointe de la langue sont sensibles à toutes les saveurs. Les régions insensibles pour le doux intéressent la moitié antérieure de la face dorsale de la langue.

Voici encore, d'après cet auteur, quelques termes de ces différentes sensations : la langue est plus sensible pour toutes les saveurs au niveau des papilles caliciformes.

	SUCRE pour 100.	SEL pour 100.	ACIDE pour 100.	QUININE pour 100.
Pointe de la langue . . .	0,20	0,10	0,0050	0,0003
Bords	0,20	0,10	0,0050	0,0003
Papilles caliciformes . .	0,15	0,08	0,0040	0,0002
Bouche	0,10	0,05	0,0025	0,0001

La sensibilité de la bouche, excitée par les solutions sapides, est plus fine qu'excitée isolément.

Les recherches de TOULOUSE et VASCHIDE (*Topographie de la sensibilité gustative*,



E. Oberlin.

FIG. 30. — Topographie de la sensibilité de la gustation de la langue (TOULOUSE et VASCHIDE).

Comptes Rendus, cxxx, 1900), pratiquées sur vingt-quatre hommes (infirmiers) et sur trente et une femmes (infirmières) âgés en moyenne de 23 à 30 ans, conduisent aux conclusions suivantes :

« 1° Toutes les parties de la muqueuse buccale peuvent avoir des sensations gustatives

Topographie de la sensibilité gustative de la bouche.

(D'après TOULOUSE et VASCHIDE)

(L'acuité de la perception est représentée par le titre des solutions.)

RÉGIONS EXPLORÉES DE LA CAVITÉ BUCCALE.		SAVEURS			
		SALÉES.	SUCRÉES.	AMÈRES.	ACIDES.
		Chlorure de sodium.	Saccharose.	Dibromhydrate de quinine.	Acide acétique.
Lèvres sup. et inf. (Face muq.)	{ Partie externe. . Partie interne. .	"	"	"	"
Muqueuse gingivale. (Arcades sup. et inf.)	{ Partie externe. . Partie interne. .	"	"	"	Ac. acét. pur
Muqueuse des joues.		"	"	"	Ac. acét. pur
Langue.	Bord.	Tiers antérieur. .	1 p. 100	1 p. 1 000	1 p. 10 000
		— moyen. .	2 p. 100	1 p. 100	1 p. 1 000
		— postérieur. .	3 p. 100	1 p. 100	1 p. 1 000
Langue.	Ligne médiane. .	Tiers antérieur. .	3 p. 100	1 p. 1 000	1 p. 1 000
		— moyen. .	1 p. 10	1 p. 10	1 p. 100
		— postérieur. .	1 p. 10	1 p. 10	1 p. 100
Langue.	Face supérieure. .	Tiers antérieur. .	9 p. 1 000	1 p. 1 000	1 p. 1 000
		Tiers moyen. .	1 p. 10	1 p. 100	1 p. 1 000
		Tiers postérieur. .	1 p. 10	1 p. 100	1 p. 100
Face inférieure.		Chl. sod. pur	1 p. 10	1 p. 10 000	1 p. 100
Frein.		Chl. sod. pur	Sacc. pure	Dib. de quin. pur.	1 p. 100
Plancher de la bouche.		"	"	"	1 p. 10
Voûte du palais.		"	"	"	Ac. acét. pur
Voile du palais.	Face antérieure.	1 p. 10	1 p. 100	1 p. 10 000	1 p. 100
		1 p. 10	1 p. 100	1 p. 10 000	1 p. 1 000
	Luette.	Face antérieure. .	Chl. sod. pur	1 p. 10	1 p. 1 000
	Piliers antér.	Face antérieure. .	1 p. 10	1 p. 1 000	1 p. 100
		Face postérieure. .	Chl. sod. pur	1 p. 10	1 p. 100
	Piliers postér.	Face antérieure. .	Chl. sod. pur	1 p. 10	1 p. 10
		Face postérieure. .	Chl. sod. pur	1 p. 10	Ac. acét. pur
	Amygdales.	Chl. sod. pur	1 p. 10	Dib. de quin. pur.	1 p. 100
	Épiglotte.	Face antérieure. .	"	1 p. 100	1 p. 10
			Sacc. pure.		

Toutefois les lèvres, les gencives, les joues, les dents, le plancher de la bouche, la voûte du palais ne perçoivent que les sensations acides. Comme ces parties ne sont pas innervées par des nerfs sensoriels, on peut se demander si la sensation d'acide est une véritable saveur, ou bien une modalité de la sensibilité tactile. Les saveurs salées, sucrées et amères sont perçues par les autres parties de la muqueuse buccale, et notamment par la langue et l'isthme du gosier, qui constituent vraiment l'organe du goût.

Le bord et la face supérieure de la langue sont plus sensibles que la face inférieure et le frein. Il est à remarquer que, sur la face postérieure de la langue, la ligne médiane

sont moins que les parties latérales. Le voile du palais est moins sensible que la langue.

Il est intéressant de noter que les amygdales sont sensibles aux quatre saveurs.

2° Si, contrairement à l'opinion d'un grand nombre d'auteurs, la langue et chacune de ses papilles, et aussi l'isthme du gosier, nous ont paru percevoir toutes les saveurs, il n'en est pas moins vrai que ces territoires anatomiques sentent mieux certaines saveurs que d'autres. C'est ainsi que le tiers antérieur de la langue sent mieux l'amer; de même, dans l'isthme du gosier, c'est le voile lui-même qui sent le mieux le salé et l'amer.

3° Il résulte de ces expériences que la partie antérieure de la langue, qui est innervée par le lingual, et la partie postérieure ainsi que l'isthme du gosier, qui sont innervés par le glosso-pharyngien, ont, à des degrés divers, les mêmes fonctions. Ce fait physiologique rend vraisemblable l'opinion de CARL, URBANTSCHITSCH et MATHIAS DUVAL, d'après laquelle un nerf unique, le glosso-pharyngien, présiderait à ces fonctions semblables, en innervant, par des filets directs, la base de la langue et l'isthme du gosier et, par des filets indirects passant par la corde du tympan et le lingual, la pointe de la langue. »

MARIAU, dans une communication à la *Société de Biologie*, rapporte le résultat de quelques recherches sur le voile du palais, et fait un plaidoyer pour lui restituer en partie la fonction gustative, fonction niée actuellement par tous les physiologistes, et localisée uniquement par eux sur la langue. MARIAU n'a expérimenté qu'au point de vue des saveurs sucrées et amères, les seules admises par tous les physiologistes, certains rapportant les autres sensations gustatives à des impressions de sensibilité générale. Il évita le contact avec la langue, en la comprimant avec un abaisse-langue; de plus, dès qu'une goutte de la solution, soit amère, soit sucrée, employée pour les expériences, semblait avoir impressionné l'organe classique de la gustation, il éliminait le sujet.

Après avoir fait ainsi disparaître toutes les causes d'erreur, MARIAU prit une douzaine de sujets sur lesquels il expérimenta, en prenant toutes les précautions possibles pour ne pas les suggestionner, et en les faisant répondre par une mimique convenue. Comme solutions, il employa le sirop de sucre et une solution de quinine. « J'ai constaté, dit-il, en me mettant à l'abri de toutes les causes possibles d'erreur, que le voile du palais percevait les sensations de saveur, d'une façon peut-être un peu moins vive, un peu obtuse, surtout pour les saveurs sucrées, mais en tout cas réelle, comme la langue. Quant à la saveur amère, elle se perçoit très rapidement et se prolonge longtemps.

« L'anatomie permet de contrôler les données de l'expérience. Les voies de conduction centrales sont les mêmes pour la langue et pour le voile du palais. Elle nous apprend de plus qu'il n'y a qu'un nerf gustatif, le glosso-pharyngien; car le lingual, branche du trijumeau, innervant la langue, est, au point de vue physiologique, le prolongement du nerf intermédiaire de WRISBERG, racine supérieure du glosso-pharyngien, d'après MATHIAS DUVAL. »

MARIAU rappelle que l'innervation sensitive du voile du palais provient des nerfs palatins, mais que, de plus, le glosso-pharyngien envoie sur l'amygdale et le voile du palais et la luette une série de fibrilles nerveuses anastomosées. Il ajoute que le glosso-pharyngien, appelé encore nerf nauséeux, remplit sur le voile du palais le même rôle que sur la base de la langue, et qu'il a souvent constaté le réflexe nauséeux, après avoir impressionné, par des saveurs amères, les terminaisons dans le voile du palais.

Les recherches de MARIAU confirment à ce sujet celles de TOULOUSE et VASCHIDE qui ont constaté que le voile du palais était capable d'être impressionné par une solution de chlorhydrate de quinine (à 1 p. 10.000, etc.).

Nous résumons dans ces trois tableaux ci-joints (v. p. 646 et 647) les données les plus classiques sur la topographie de la sensibilité gustative jusqu'aux dernières recherches de TOULOUSE et VASCHIDE, et de MARIAU, etc. Il serait difficile de classer les recherches disparates de OEHRWALL et de KIESOW, qui concernent surtout l'analyse psycho-sensorielle du fonctionnement de certaines papilles.

	1 LÈVRES.	2 GENCIVES.	3 MUQUEUSE DES JOUES.	4 POINTE DE LA LANGUE Face supérieure.	5 FACE INFÉRIEURE de la langue.	6 BORDS DE LA LANGUE.
Auteurs qui ont reconnu une sensibilité gustative.	GREW (d'après RULLIER. <i>Dict. en 30 vol.</i> 14, 196). LUCHTMANS (<i>Specimen physico-medicum inaugurale de gustu</i> , 1758). LE CAT (d'après RULLIER, <i>loc. cit.</i>). MAGENDIE (<i>Précis élém. de physiologie</i> , t. I).	GREY. LUCHTMANS. LE CAT. MAGENDIE.	Les anciens physiologistes (d'après RULLIER. <i>Dict. en 30 volumes</i>).	VON VINTSCHGAU (<i>A. g. P.</i> , XIX, et <i>H. H.</i> , III, (2), Leipzig 1880. Sent l'acide; moins bien le doux et le salé et pas du tout l'amer: sur lui). SCHREIBER.	VERNIÈRE (<i>Sur le sens du goût j. d. progrès</i> , 1827). VALENTIN (<i>Lehrbuch d. Phys. d. Menschen</i> , 1848). URBANTSCHITSCH (<i>Beobachtungen über Anormal d. Geschmacks</i> 1876, Stuttgart); seulement pour les deux parties de la langue situées de chaque côté du frein (d'après GLEY). BIMAR (<i>Etude physiologique sur le sens du goût</i> , 1874, p. 29): sur lui même, la sensation d'acide et de salé.	VERNIÈRE. GUYOT et ADWYRAULT. BUDGE (<i>Ueber Geschmacksempfindende Stellen. Deutsche Klinik</i> , 1859). SCHIRMER (<i>Einiges für Physiologie d. Geschmacks. Deutsche Klinik</i> , 1859). KLATSCH et STICH. NEUMANN (<i>Königsberger med. Jahrb.</i> 1864). Urbantschitsch. BIMAR.
Auteurs qui n'admettent la sensibilité gustative qu'avec des réserves.			Urbantschitsch (chez les enfants).	INZANI et LUSSANA (<i>Sui nervi del gusto: Annali universali di medicina</i> , 1862): chez certains individus. DRIELSMA (variété individuelles). SCHIFF (<i>Leçons sur la physiologie de la digestion</i> (1867): on ne reconnaît que l'acide).	KLAATSCH et STICH (<i>Ueber den Art des Geschm. Archiv f. pathol. Anat.</i> t. XIV.) DRIELSMA (<i>Onderzoek over den zetsel van het smaken zinting</i> , Groningue, 1859) d'après GLEY.	DRIELSMA.
Auteurs qui n'admettent aucune sensibilité.	Tous les physiologistes modernes (d'après GLEY <i>D. D.</i> article Goût, 597). GUYOT et ADMYRAULD. VERNIÈRE.	Tous les physiologistes modernes (d'après GLEY, <i>loc. cit.</i>). GUYOT et ADMYRAULD. VERNIÈRE.	Tous les physiologistes modernes (GLEY). VERNIÈRE. GUYOT et ADMYRAULD.	WAGNER (<i>Lehrbuch der speciellen Physiologie</i> , Leipzig, 1845). FUNKE (<i>Lehrbuch der Physiologie</i> , Leipzig, 1869). VALENTIN.	GUYOT et ADMYRAULD (<i>Mém. sur le siège du goût chez l'homme. Bull. des sciences médicales de Ferrussac</i> , Paris, 1830). LONGET, <i>Traité de physiologie</i> , III, 52.	VON VINTSCHGAU (lui-même).

SENSIBILITÉ GUSTATIVE.

7 MILIEU DE LA LANGUE.	8 BASE de LA LANGUE.	9 VOUTE DU PALAIS.	10 VOILE DU PALAIS.	11 LUETTE.	12 PILIERS du VOILE DU PALAIS.	13 AMYGDALES.	14 FACE POSTÉRIEURE LANGUE.	15 ÉPIGLOTTE.
	Onest d'accord à considérer cette région comme très sensible surtout pour l'amer. BIDDER, WAGNER, etc. ROUGET.	DRIELSM.	VERNIÈRE. HORN (<i>Ueber d. Geschmacksinn d. Menschen</i> , Heidelberg, 1825). TOURTUAL (<i>Die Sinne des Menschen</i> , etc. Münster, 1827). RAPP (<i>Die Verrichtungen d. fünften Nervenpaares</i> , 1832. Leipzig). J. MÜLLER. - BUDGE. - DRIELSM. Urbantschitsch.	VERNIÈRE. HORN. TOURTUAL. RAPP. J. MÜLLER. DUGÈS. BUDGE. DRIELSM.	VERNIÈRE. LONGET. WUNDT.	Luchtmans. VERNIÈRE. VALENTIN.	VERNIÈRE. Urbantschitsch. WUNDT.	MICHELSON et LANGENDORF (face interne). KIESOW.
Urbantschitsch. BIMAR : aperçu sur le milieu de la face dorsale de la langue l'acide et le salé. LONGET (sur toute la région supérieure et majeure).		Urbantschitsch (chez les enfants plus que chez les adultes).	DUGÈS (<i>Traité de Phys. comparée</i> , Montpellier, 1838). NEUMANN. SCHIFF. KLAATSCH et STICH (sauf le bord postér.). GUYOT et ADMYRAULD (sensible sur une toute petite portion de voile située au milieu de la face antérieure). LONGET (ligne médiane). BIMAR (face inférieure). VON VINTSCHGAU. VALENTIN (2 sur 8 cas positifs : surface antérieure).	VON VINTSCHGAU VALENTIN (2 sur 8, surface antérieure).	BIMAR (seulm. acide; piliers antérieurs). V. VINTSCHGAU. SCHIFF. VALENTIN (extrémités supérieures et inférieures des deux piliers; face antérieure du pilier postérieur et face post. du pilier antér.). SCHIRMER (partie inf. du pilier antér.). NEUMANN (partie inf. du pilier antér.). URBANTSCHITSCH (pilier antér.).		VALENTIN. (seulement parties post., situées en face de la racine de la langue).	VALENTIN (autour).
Opinion unanime des physiologistes (GLEY).		VERNIÈRE. GUYOT et ADMYRAULD. LONGET.	PICHT (<i>De Gustus et Olfactus nervi</i> , etc. Berlin, 1829). ERLÄSSER (<i>Lehrbuch d. Physiol.</i> Tübingen, 1834). BIDDER (<i>Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn</i> , 1868. Dorpat). WAGNER. FUNKE. CAMERER (<i>Ueber die Abhängigkeit des Geschmacksinnes</i> . Z. B., 1870).	NEUMANN. KLAATSCH et STICH. PICHT. ERLÄSSER. BIDDER. WAGNER. FUNKE. CAMERER.	GUYOT et ADMYRAULD. WAGNER. FUNKE. KLAATSCH et STICH. CAMERER.			

IX. — L'ANALYSE DES PERCEPTIONS GUSTATIVES.

Le seul travail expérimental d'ensemble sur l'analyse des perceptions gustatives est celui de PATRICK. Nous l'analysons en détail pour donner un aperçu complet du problème; certes il est à peine posé, mais on pourra quand même tirer quelque profit de la lecture de ce travail sérieux. Les recherches de PATRICK peuvent figurer avec honneur à côté de celles de OEHRWALL, KIESOW, NAGEL, STERNBERG, etc., pour ne parler que des derniers auteurs qui se sont occupés de goût et de la psycho-physiologie gustative.

Les recherches qu'on va résumer ici sont basées sur une série de *tests* qui ont consisté à essayer un nombre considérable d'objets communs de boisson et de nourriture.

On remarque d'abord que les perceptions gustatives sont la plupart du temps complexes, étant constituées par des sensations gustatives, olfactives, tactiles, visuelles, musculaires, de température, et qu'on n'a encore entrepris aucune analyse exacte de ces perceptions. Vulgairement, les perceptions gustatives sont considérées tout simplement comme des sensations gustatives, le goût du fromage, du vin, etc. — Scientifiquement, malgré les récentes recherches de KIESOW et celles de ZWAARDEMAKER, la psychologie et la physiologie de ces perceptions sont très peu développées, surtout en ce qui concerne notre connaissance de leurs différences qualitatives.

On croit et on dit qu'il n'y a que quatre sensations gustatives élémentaires : le *doux*, l'*amer*, le *salé* et l'*aigre*, qui ne sont pas dans des relations déterminées les unes avec les autres, excepté celles de compensation et de contraste; enfin, on dit que les sensations gustatives sont mélangées aux sensations olfactives. Mais à voir les livres de plus près, on s'aperçoit qu'il y a beaucoup de confusions et controverses en ce qui concerne la composition des perceptions gustatives. Au lieu de quatre saveurs simples, on dit qu'il y a un grand et indéfini nombre de goûts et que le *doux*, l'*amer*, le *salé* et l'*aigre* sont simplement quatre classes où toutes les saveurs peuvent être distribuées.

Mais il y a plusieurs manières d'interpréter cette classification. On suppose par exemple que cette classification de saveurs est basée sur quatre sortes d'analogie qu'il y aurait entre les nombreuses sensations gustatives qualitativement distinctes. Mais c'est une vue qui ne doit pas être prise au sérieux.

Une autre tendance consiste à diminuer le nombre des différences qualitatives, et à réduire la multiplicité indéfinie de ces sensations, d'abord à dix, puis à six, puis à quatre, et finalement à deux. C'est parce qu'on croit que les quatre goûts élémentaires ont une base purement physiologique dans les quatre différentes sortes de nerfs terminaux. Nous aurions ainsi nombre de goûts de transition, tout comme nous avons des divers tons de couleurs.

Cette vue non plus ne peut pas être acceptée; car elle n'est pas fondée.

Selon une troisième hypothèse, le nombre indéfini de goûts résulte de la fusion des quatre sensations gustatives élémentaires, analogue à la fusion des tons dans les *tons* musicaux.

Une quatrième hypothèse enfin admet seulement quatre sortes de sensations gustatives.

De toutes, la troisième hypothèse pourrait être admise par beaucoup d'auteurs; mais elle paraît manquer de preuves expérimentales. Si l'on exclut les relations quantitatives, cette théorie ne peut donner que quinze goûts différents.

Puis les expériences faites en combinant les solutions simples de substances douces, amères, salées et aigres, n'ont pas révélé des goûts nettement perçus qui puissent être proprement appelés, fusions de goûts simples. On ne peut y trouver qu'un mélange de *doux* et *amer*, là où, physiologiquement, il y a deux simples sensations rapportées à un mélange des deux solutions. On ne peut pas obtenir, comme dans la musique, des fusions provenant du mélange de plusieurs éléments.

Comme recherche préliminaire, PATRICK a préparé les solutions suivantes : 40 p. 100 de sucre; 0,25 p. 100 de sulfate de quinine; 5 p. 100 de sel; 5 p. 100 d'acide tartrique. Ces substances sont combinées, dans des proportions égales, en onze combinaisons possibles avec des groupes de deux, trois et quatre. En outre, six autres combinaisons de sucre et de sel furent faites avec des variations quantitatives pour voir si

des proportions différentes de goûts simples combinés peuvent donner un goût nouveau. Quatre sujets, deux hommes et deux femmes, ont essayé ces combinaisons. Les solutions furent présentées dans des bouteilles de verre marquées seulement avec un numéro respectif. On demandait aux personnes en question de goûter ces solutions avec le plus d'attention possible et de dire s'il y avait là des substances douces, amères, aigres, etc., ou des combinaisons de celles-ci, en écrivant eux-mêmes le résultat, selon le numéro de chaque bouteille.

Les résultats sont contenus dans le tableau suivant :

SOLUTION.	M ^{lle} . S.	Mr. S.	M ^{lle} . W.	Mr. E.
Doux et aigre. Doux et salé. Salé et aigre.	Doux et aigre. Doux. Salé et aigre.	Amer. Doux avec du salé. Salé et amer combiné. Le salé noté premièrement.	Doux Doux et salé Un salé que je n'ai jamais goûté.	Aigre et (doux). Salé et doux. Très aigre. Ne paraît pas être simple.
Doux, salé et aigre.	Aigre, salé et doux.	Amer suivi par un effet astringent.	Un aigre particulier, ni doux, ni salé, ni amer.	Aigre et doux; pas comme précédemment. Peut-être un peu plus.
Salé et amer.	Amer.	Un amer de quinine très décidé.	Amer.	Amer et salé.
Doux, aigre et amer.	Amer et aigre.	Un amer suivi par un goût doux possible.	Amer et salé.	Aigre et amer.
Doux, salé, aigre et amer.	Amer, aigre et doux.	Amer.	Amer et aigre.	Aigre et amer.
Doux, salé et amer.	Doux et amer.	Un doux, décidément désagréable, amer	Amer et doux et salé.	Un faible amer et doux.
Doux et amer.	Doux et amer, aigre.	Un goût doux amer.	Amer et doux.	Doux et amer.
Aigre et amer.	Amer et aigre.	Amer.	Amer, mais non pas quinine.	Amer aigre piquant.
Salé, aigre et amer.	Salé et aigre.	Aigre et amer.	Salé et aigre, encore différent.	Aigre (salé).

On doit remarquer avec PATRICK que, sur les 68 jugements inclus dans les *tests*, aucun mauvais goût n'apparaît. La distinction ou l'intensité des sensations varie, mais c'est toujours « le doux », « le salé », « l'aigre », et, à peine s'il y a une personne qui parle d'un aigre particulier, et plus souvent on en parle du goût astringent et piquant, qui sont de simples sensations tactiles. — Ensuite, il est aussi à remarquer une facilité considérable à analyser les mélanges. Ceux qui contiennent deux ingrédients sont ordinairement analysés d'une manière correcte, et ceux qui en contiennent trois sont seulement quelquefois analysés exactement. La seule exception est le mélange de tous les quatre ingrédients, où le sel n'est plus découvert par aucun observateur. Quant aux combinaisons de doux et amer dans des proportions variables, on peut voir que, lorsque l'un ou l'autre des deux éléments est augmenté, l'observateur ne peut découvrir que celui qui est augmenté; pas de goûts qualitativement nouveaux.

Mais ces expériences, quoique incomplètes, ne vérifient en rien la troisième hypothèse, qui compare la combinaison des goûts à celle des tons dans la musique.

Cependant KIESOW (*Kant Studien*), dans une série de recherches, arrive à la conclusion que le goût diffère de l'odorat, puisque, en combinant plusieurs odeurs, il en

résulte plutôt une opposition qu'une fusion des éléments. Au contraire, si l'on combine des goûts élémentaires différents, on obtient, à son avis, un goût nouveau, dans lequel les goûts élémentaires peuvent être distingués, comme on distingue dans le brun une combinaison de couleurs. Le salé et le doux, combinés dans des proportions données, se neutralisent l'un l'autre, et donnent une sensation nouvelle, qu'on appelle insipide ou alcaline, ou bien insipide alcaline. PATRICK essaya 25 autres combinaisons de sucre et de sel, dont les solutions combinées variaient de 1 jusqu'à 40 0/0. De ces 25 combinaisons, deux ne donnèrent aucun goût autre que l'insipide ou alcalin, trois autres donnèrent un goût insipide ou alcalin en connexion avec le doux ou le salé, tandis que tout le reste donnait le salé ou le doux, ou la prépondérance de l'un sur l'autre.

Les résultats de KIESOW soulèvent deux questions. D'abord, ne peut-on expliquer l'alcalin ou l'insipide autrement que par une fusion ou un mélange de doux et salé? Et puis, quand même ce serait là la vraie explication, peut-on trouver dans une telle fusion un résultat propre à rendre compte de toute l'infinie variété de goûts dont parlent les psychologues? Comme réponse à la première question, on a trouvé que l'eau distillée peut, même seule, donner le goût « insipide » ou « alcalin », d'autant plus avec une solution faible de sel; donc l'alcalin que KIESOW a obtenu en mélangeant le salé avec le doux était dû au salé seulement.

Le salé peut être reconnu par peu d'observateurs, dans la proportion de 1 sur 600, mais plus généralement dans la proportion de 1 sur 400 et 1 sur 300. Pour le doux, l'amer (l'aigre), l'acide, le seuil de la reconnaissance coïncide presque avec le seuil de la sensation. Mais tel n'est pas le cas avec le salé. Si une solution de sel est faite en proportion de 1 sur 2000, on peut la distinguer de l'eau distillée, mais on ne peut pas la reconnaître comme étant du sel. D'autre part, l'explication de l'hypothèse de KIESOW doit être que la petite proportion de sel dans la solution est suffisante pour affecter les organes terminaux du toucher, mais non ceux du goût, le goût alcalin étant réellement une sensation tactile. Car il y a plusieurs raisons de croire, avec VALENTIN et d'autres encore, que le salé et l'acide ne sont pas des goûts véritables.

PATRICK a de nouveau essayé de vérifier la conclusion de KIESOW sur les goûts combinés. On a choisi les mélanges de salé et doux, qui étaient, à son avis, d'une manière certaine, des goûts nouveaux. Ces combinaisons étaient du sucre $\frac{1}{100}$ et du sel $\frac{1}{100}$ combinés

en proportion de 50 sur 25, du sucre $\frac{2}{100}$ et du sel $\frac{2}{100}$ combinés en proportion de 50

sur 20; puis du sucre $\frac{4}{100}$ et $\frac{4}{100}$ du sel, combinés en proportion de 50 sur 10. On a

fait la preuve sur 4 sujets, deux hommes et deux femmes, qui avaient les yeux bandés, et on les a priés de goûter et sentir les solutions (1/2 ccm. dans un petit verre) avec beaucoup de soin. Après quoi ils devaient écrire leur appréciation sur le nom du goût, s'ils en trouvaient. Sur les douze jugements qu'on a obtenus, 3 ont révélé le doux et le salé; 5, le salé; 2, le doux; et 2, un goût faible inconnu. Aucun sujet n'a trouvé l'alcalin ou l'insipide. On a ensuite préparé des solutions de sel depuis 1 sur 1100 jusqu'à 1 sur 200 et on a fait l'expérience sur les mêmes sujets. Pour un sujet, la reconnaissance du salé commença avec 1 sur 700, pour un second, avec 1 sur 600; pour le troisième, avec 1 sur 300, et le quatrième avec 1 sur 200. Mais le goût alcalin apparaît maintenant huit fois plus tôt avec une solution de sel pur, et deux fois avec de l'eau distillée.

Pour résumer les résultats de ces recherches préliminaires sur la psychologie du goût, PATRICK pense que l'hypothèse qui paraît le plus en accord avec les faits connus est celle des quatre sensations gustatives, incapables de fusion. Et toutes les perceptions gustatives qu'on éprouve journellement se réduisent à ces quatre sensations gustatives avec leur degré d'intensité et avec les sensations olfactives, tactiles, de température, etc.

La discrimination subtile de nos diverses nourritures et boissons est due à la sensation délicate du toucher que possède la langue, et à l'odorat. Les sensations gustatives par elles-mêmes n'ont pas un trop important rôle en ce qui concerne la perception. Mais quoique leur valeur discriminative soit petite, leur valeur affective cependant est grande. Le miel, par exemple, et toutes les espèces de sirops ou mélasses, n'ont que

le goût *doux*, et en effet, pour un enfant de six ans, toutes ces matières sont « *bonnes* ». La saveur particulière du sirop et des mélasses est due en ce cas à l'odorat. De même, il est probable que le miel, à cause de son manque d'odeur, ne peut être reconnu que par la vue. Mais cette confusion entre les sensations gustatives et olfactives est encore plus augmentée par ce qu'on appelle les *goûts odorants*. Des particules de substances, ou les boissons avalées, montent par le pharynx et par les narines postérieures vers la région olfactive, et y exercent quelque action, facilitée naturellement par l'odorat.

Dans une autre série de recherches PATRICK a essayé d'éliminer le toucher et les sensations de température en employant des substances d'une fluidité uniforme et de la même température, ce qui n'est pas toujours possible. Au contraire, des cas où partiellement le sens de l'odorat est absent se présentent plus souvent, tout comme les cas de daltonisme. Quant à l'absence complète de l'odorat, elle est très rare : pourtant elle a été très étudiée au point de vue psychologique. On a eu la chance d'en trouver un cas, et on en a profité pour le soumettre à toute une série d'expériences. La personne qui présentait ce cas d'absolue anosmie avait fait une étude spéciale de pharmacie, et était habituée aux noms des substances dont on devait faire usage dans ces recherches. De son propre aveu, confirmé d'ailleurs par un médecin spécialiste, elle était à peu près (non entièrement) privée du sens de l'odorat. De plus, cette absence complète de sensations olfactives a été confirmée aussi par un grand nombre d'expériences avec les substances odorifères représentant toutes les 9 classes mentionnées par ZWAARDEMAKER. Quelques-unes de ces substances ont provoqué, il est vrai, certaines réactions; mais ces réactions n'étaient pas provoquées par des sensations olfactives, car ces substances affectaient plutôt les extrémités des organes tactiles, comme c'était le cas du chloroforme, qui est très volatil. Le chloroforme produisait une sensation agréable de doux dans le fond de la bouche. Toutes les substances qui, comme le chloroforme, ont produit des réactions, peuvent être considérées comme une classe de substances volatiles qui excitent le toucher et le goût. D'autres expériences ont été faites sur des femmes normales pour en comparer les résultats avec ceux du sujet précédent. En voici les résultats :

SOLUTIONS.	M ^e S...	4 FEMMES.	46 FEMMES.
Sucre.	1-150	1-144	1-204
Sel.	1-200	1-675	1-1980
Acide sulfurique . . .	1-2000	1-2368	1-3280
Acide tartrique . . .	1-1000	1-1500	
Sulfate de quinine. . .	1-160 000	1-640 000	1-456000
Strychnine	1-100 000	1-100 000	

Comme on le voit, la sensibilité gustative du sujet est peu au-dessous de la sensibilité gustative moyenne des autres femmes; elle n'est pas supérieure à leur sensibilité moyenne, comme il aurait fallu s'y attendre si la sensibilité gustative jouait un rôle prépondérant dans les perceptions gustatives. Quant aux autres sensibilités, on a constaté que les sensations de pression étaient normales sur les doigts, sur les mains et sur la face. L'absence des sensations olfactives a été, chez ce sujet, compensée sinon par une supériorité, au moins par une finesse peu commune, du toucher sur la langue; mais en comparant cette sensibilité avec celle d'autres femmes, on a pu voir que cette supériorité concernait le toucher passif, non pas actif. Des recherches nombreuses furent ensuite commencées dès octobre 1898, pendant à peu près 8 semaines. A peu près 200 substances, des boissons et des substances nutritives habituelles, furent essayées par le sujet en question, et simultanément par deux ou trois autres sujets servant comme termes de comparaison. Tous ces sujets étaient des dames de bonne éducation, habituées au goût et à l'odeur de tous les articles ordinaires de boisson et de manger. Les sujets étaient réunis jusqu'à trois fois par semaine. La séance durait une heure ou deux par jour, et pendant ce temps on essayait de 15 à 20 substances. La méthode dans ces expériences était la suivante : Les trois sujets sont assis autour d'une table, les yeux bandés, ayant une cuiller à thé d'argent, un verre d'eau tiède distillée, et un crayon devant eux; après chaque épreuve, la bouche était lavée avec de l'eau distillée. Souvent les substances étaient avalées, pour que de cette manière le sujet pût les goûter et sentir plus sûrement. Les sujets écrivaient, sur des cartes qui se trouvaient devant eux, les résul-

tats, c'est-à-dire les noms des substances essayées, ou le goût perçu. La proportion des substances était depuis une demi-cuiller jusqu'à une cuiller entière (8 à 20 gr.). Autant que possible, toutes ces substances étaient présentées à une température voisine de 25°; et sous forme liquide, ou bien liquide et solide pour réduire au minimum l'action des muscles et les sensations tactiles, en connexion avec la langue. On a dressé un tableau complet des résultats obtenus. Nous en donnons ici une petite partie dans le tableau ci-dessous.

SUBSTANCES.	M ^e S.	M ^e L.	M ^e K.
Sirop de framboise.	Comme du jus de framboise.	Raisin.	Sirop de framboise ; ressemble au New-Orléans sirop.
Vin de Xérès.	Comme du vin légèrement aigre, quoique je n'en aie jamais goûté.	Spirit. ; du vin probablement wicky.	Vin de Xérès.
Acide lactique.	Ce semble de l'acide citrique, mais un goût peu persistant.	Acide, je ne peux pas le nommer.	Citron.
Eau distillée.	De l'eau.	De l'eau.	
Teinture de rhubarbe.	Amer. Je ne connais rien de comparable.	Rhubarbe.	
Vin de Porto.	Je ne connais pas ; ça a un goût qui réchauffe.	Du vin, probablement du Xérès.	
Huile de fenouil et alcool.	Une teinture de quelque chose d'agréable. Doit avoir une forte odeur.	Alcool, avec une odeur familière, probablement carvi.	
Eau distillée.	De l'eau.	De l'eau.	
Vinaigre.	Acide acétique.	Vinaigre	
Huile de carvi et alcool.	Alcool, pas autre goût.	Je ne puis pas le nommer, contient alcool.	
Assa foetida.	Je ne connais pas. C'est amer, probablement une teinture.		
Sirop de fraises.	Doux. Je pense du sucre.	Sirop de sucre. Ne peux pas le nommer.	
Sirop de pêches.	Sucre.	Jus de fruit. Ne peux pas le distinguer.	
Spirit. de menthe.	Menthe poivrée.	Menthe poivrée dans de l'alcool.	
Lait, 50 p. 100 d'eau.	Ce semble de l'eau avec quelque chose de dissous, amidon.	Du lait avec de l'eau.	
Jus de compote de pomme avec du sucre.	Jus de pêche.	Jus de pommes.	

L'interprétation des résultats coordonnés dans ce tableau fait penser, dit PATRICK, que les substances qui n'ont pas été reconnues par aucun des trois sujets dépendent, quant à leur reconnaissance, des sensations visuelles; celles qui ont été reconnues par les sujets normaux seulement dépendent des sensations olfactives; tandis que celles qui ont été reconnues par tous les trois dépendent ou des sensations gustatives ou bien des sensations musculaires. Quoique le nombre et l'exactitude de ces recherches ne puissent absolument satisfaire, on peut cependant dire, avec l'auteur, que la liste sui-

vante montre au moins le rôle joué par différentes sortes de sensations dans les perceptions gustatives. Les substances suivantes ont été perçues par les sujets normaux, mais non pas par le sujet anormal, ce qui prouve que l'odeur est la *caractéristique* des goûts de ces substances : teinture de vanille, extrait de vanille, orange, citron, banane, thé, chocolat, lait, vinaigre, etc., etc. Cette liste doit être complétée par la suivante, qui contient les substances reconnues par un sujet normal seulement et d'où l'on doit tirer la même conclusion : sirop de pêches, gelée de groseille, vin de Porto, champagne, beurre frais, crème, huile d'olives, bouillon de bœuf, etc.

L'importance des sensations visuelles est donnée dans la liste des substances qui, reconnues dans l'expérience de tous les jours, ne le sont pas ni par les sujets normaux ni par le sujet anormal, les yeux bandés. Les plus remarquables sont les différentes sortes d'objets de nourriture. Ces substances n'ont pas de goût, excepté celui du sel ou un peu de doux, tandis que leur odeur est trop faible pour en être reconnue. Il est à remarquer que la viande fraîche de bouillon (non salée) ne peut pas être reconnue par le sujet privé du sens de l'odorat, mais dès qu'elle est présentée salée, elle est reconnue comme étant de la viande.

Le sujet anormal a eu plus de facilité à reconnaître les différentes sortes de pains : le fait est dû à leur différence de texture. Parmi d'autres sortes de substances dans le goût desquelles les sensations visuelles jouent un rôle important, notons : le beurre, la crème, l'huile d'olive et différents fruits et légumes.

Mais ce qui est intéressant à savoir, selon PATRICK, c'est si ces résultats tendent à affaiblir ou à confirmer l'hypothèse qu'on avait émise plus haut, à savoir qu'il y a seulement quatre sortes de sensations gustatives, que leur rôle dans la discrimination des boissons et nourritures est très peu important, et enfin qu'elles ne sont pas fusionnées dans les perceptions gustatives de l'expérience commune. Il est de toute évidence que les sensations visuelles, et plus particulièrement les sensations olfactives, jouent un rôle très important dans les perceptions du goût, et qu'elles sont des éléments essentiels dans les plus communes boissons et nourritures. On comprend bien que le reste des substances qui peuvent être reconnues sans l'intervention de la vue ou de l'odorat, peuvent être distinguées par la délicatesse du sens du toucher que la langue et les muscles de la mastication possèdent, y compris naturellement l'intervention des sensations gustatives salées, douces, amères ou acides. A peu près quarante substances furent correctement nommées par M. S. Mais, en examinant la liste de ces substances, on voit qu'elles ont presque toutes une composition caractéristique avec un effet astringent ou aigreur piquante, comme le camphre, la moutarde, le poivre, la menthe poivrée, la farine d'avoine, le maïs, le fromage, etc. Probablement, quelques-unes de ces substances, spécialement celles qui étaient douces et acides, furent bien devinées ; mais ce fut surtout par l'action musculaire et les sensations tactiles. Tels furent, probablement, les cas du fromage, du café, du poivre, de la farine d'avoine, des pommes de terre, etc., etc.

En somme, ces expériences, aussi loin qu'elles sont poussées, confirment l'hypothèse chère au psychologue américain, à savoir que, sans diminuer l'importance qui est donnée aux sensations olfactives dans le goût, par l'expérience commune, *elles indiquent, en plus, que le toucher et les sensations musculaires y jouent un rôle d'une importance peu soupçonnée.*

Dans une série supplémentaire d'expériences spéciales sur le goût du café et du thé, ces liqueurs diluées ont été confondues avec l'eau à la même température par le sujet qui manquait du sens de l'odorat. Enfin, le thé et le café ont un goût amer qui ne peut pas être distingué de l'amer de la quinine ou d'autres substances amères, quand l'intensité est la même.

X. — MÉCANISME DE L'APPAREIL GUSTATIF.

I

Hypothèses sur le mécanisme de la gustation. — La sensation gustative dépend, comme on l'a vu, de l'excitation nerveuse par des corps sapides, en dehors de toute

autre considération théorique. Mais de quelle manière les corps sapides agissent-ils sur les terminaisons nerveuses? C'est le point essentiel, car on sait que, quel que soit le mécanisme qui agisse sur les papilles et sur les bourgeons gustatifs, l'excitation est transmise par les nerfs de la gustation — question encore à résoudre — au cerveau, pour ne pas dire aux centres nerveux de la gustation.

Deux hypothèses se disputent cette possibilité d'excitation : une première, déjà abandonnée d'ailleurs, invoque des raisons toutes mécaniques; une seconde, celle qui arrêtera plus particulièrement notre intention, invoque des raisons chimiques. Cette dernière hypothèse est la seule plausible, car la nature chimique des excitants gustatifs s'impose presque catégoriquement à notre pensée. La combinaison chimique est pourtant loin de nous donner l'explication complète, totale, et on ignore encore, malgré les recherches que nous analyserons plus loin, pourquoi telle substance chimique, et non une autre, produit une sensation gustative définie. La nature des sensations gustatives est extrêmement obscure, et des recherches nombreuses restent encore à être instituées. La chimie et la physico-chimie apporteront certainement des données plus précises, plus démonstratives et plus claires.

L'action des substances sapides se réduit en somme dans cette hypothèse à une réaction chimique qui ébranle les terminaisons nerveuses chimiquement. L'ébranlement mécanique est à rejeter, au moins à l'état actuel de nos connaissances.

GRAHAM soutenait que les substances sapides appartenaient toutes à la classe des cristalloïdes, comme, par exemple, le sucre, le sel : les colloïdes ne sont pas sapides, comme, par exemple : l'albumine, le tanin, les matières extractives et végétales, les gommes, etc. Ces dernières ne traverseraient pas les corps cristalloïdes; au contraire, les corps cristalloïdes traversent les colloïdes. La muqueuse linguale appartenant à la classe des colloïdes se laisserait pénétrer par les cristalloïdes (BAIN, *Les Sens et l'Intelligence*, 1889, p. 99).

H. TAINE énonçait, théoriquement une hypothèse presque analogue dans son volume sur *l'Intelligence* (2^e éd. 1870, 1, 245). Les nerfs gustatifs sont probablement perméables aux colloïdes, et ils sont imperméables aux substances non colloïdes, d'où l'absence de saveur des substances colloïdes et la rapidité des substances non colloïdes. La chaleur animale influencerait les combinaisons chimiques des substances sapides dissoutes dans le tissu de la langue; cette combinaison serait variable selon la nature et la qualité de ces solutions. Tandis que GRAHAM se posait ce problème comme étant à résoudre, TAINE admet facilement sa vraisemblance et accepte comme probable l'existence d'une membrane colloïde imperméable qui protégerait les nerfs du goût.

La pénétration des substances sapides jusqu'au contact intime avec les nerfs du goût paraît réelle, si l'on tient compte de l'observation que le chien, dans les veines duquel on a injecté de la coloquinte, manifeste vraiment le dégoût, tout comme si l'on appliquait directement les mêmes substances sapides sur la langue. Selon BEAUNIS, la substance sapide s'éliminerait par la salive, et agirait de cette manière sur les papilles gustatives. J'ai répété cette expérience à plusieurs reprises, et je n'ai pu constater d'une manière réelle ce dégoût annoncé par les auteurs. Les réactions psycho-physiologiques, si ce terme pouvait s'appliquer dans ce cas, ne se distinguent guère des autres réactions liées, en principe, avec d'autres manifestations gustatives. Sur trois chiens, une seule fois j'ai pu constater ce dégoût dont parlent les auteurs, mais il n'est guère typique : il n'avait pas la spontanéité de la réaction sensorielle gustative directe. Je l'ai constaté seulement avec la coloquinte, mais guère avec d'autres substances sapides amères.

BÉCLARD avait remarqué ce fait, d'ailleurs signalé par des cliniciens, que les malades atteints de diabète sucré se plaignent de la sensation sucrée.

Sur neuf diabétiques que j'ai pu examiner à ce sujet, un seul accusait d'une manière manifeste ce goût de sucre. Je crois, à mon avis, qu'il s'agit surtout d'auto-suggestions extrêmement faciles à se systématiser dans les cas pathologiques.

CH. RICHER, dans une note à la *Société de Biologie* (*De l'action comparée de quelques métaux sur les nerfs du goût*, B. B., 25 décembre 1884, 687), avait recherché l'étude comparative des sels métalliques sur les nerfs du goût; au moyen des solutions titrées,

il cherchait à préciser deux solutions, dont une A agissait sur le goût, et l'autre A' n'agissait pas.

La limite de la sensibilité gustative serait donc représentée par ce rapport $\frac{A' + A}{2}$.

Les recherches sont pourtant extrêmement délicates, surtout à cause de l'eau des solutions métalliques qu'on ne saura pas négliger; d'autre part, la sensation gustative associée aux solutions métalliques n'est pas constante : les mêmes sujets accusèrent parfois des sensations gustatives; et, d'autres fois, constatèrent que les solutions étaient insipides. Les causes d'erreur ne dépassent pas 50 p. 1000. Il faut retenir des recherches de CH. RICHTER deux faits : tout d'abord qu'il n'y a aucune relation entre la sensibilité gustative et la toxicité, et ensuite que les différents acides ont une sensibilité gustative assez fixe : elle varie seulement dans des limites très faibles.

E. GLEY et CH. RICHTER, voulant établir la limite de la sensation gustative pour les sels des métaux alcalins, ont étudié de plus près l'action chimique des saveurs et la sensation gustative (E. GLEY et CH. RICHTER, *Action chimique et sensibilité gustative. Soc. de Biol.*, 9 décembre 1885, 742). Ils expérimentèrent avec des sels de lithium, sodium, potassium, rubidium, substances chimiques qui, tout en ayant des poids atomiques bien différents. (dont les rapports sont de 7, 23, 39, 85), possèdent des propriétés chimiques voisines. Prenant toujours la même quantité volumétrique des solutions (5 cc.) et comparant avec la même quantité d'eau ordinaire, on arrive à la précision de la dose-limite. Voici leurs chiffres; ils expriment la quantité de métal par litre (c'est-à-dire à la dose nécessaire perceptible) :

MÉTAUX	CHLORURES	BROMURES	IODURES	MOYENNES
Lithium	0,06	0,055	0,05	0,055
Sodium	0,17	0,13	0,10	0,13
Potassium	0,30	0,30	0,25	0,28
Rubidium	0,50	0,50	0,50	0,50
Moyennes	0,26	0,245	0,225	

En rapportant la molécule de sel goûté à un atome de métal, on constate que 7 grammes de lithium représentent la même quantité que 23 grammes de sodium, 39 de potassium et 85 de rubidium. On obtient alors les chiffres suivants :

	Grammes.
Lithium	0,0078
Sodium	0,0056
Potassium	0,0072
Rubidium	0,0059

La quantité de lithium étant de 100, écrit GLEY, les quantités correspondantes de Na, de K et de Rb seront de 139, 108 et 132; chiffres très concordants avec les chiffres théoriques, étant données les variations bien connues du sens du goût.

CH. RICHTER (*De l'action physiologique des sels de lithium, de potassium et de rubidium. Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 oct. 1885. — *De l'action physiologique des sels alcalins. Arch. de Physiol.*, 3^e série, 1886, p. 101) tira plus tard de ces faits et d'autres des données plus précises. L'action physiologique des métaux alcalins est proportionnelle non au poids absolu, mais au poids moléculaire de leurs sels. Les douze sels alcalins avec lesquels GLEY et CH. RICHTER ont expérimenté exercent la même action pour une même molécule.

« Si nous prenons pour type le chlorure de lithium, écrit GLEY (art. *Gustation*, p. 153) dont la molécule est de 42 grammes et, d'autre part, l'iodure de rubidium, dont le molécule est de 212, nous arrivons à constater qu'une molécule de chlorure de lithium et une molécule d'iodure de rubidium ont à peu près la même sapidité, ou, en effectuant les calculs, que 124 grammes d'iodure de rubidium ne sont pas plus sensibles que 36 grammes de chlorure de lithium. N'est-on pas, dès lors, en droit de conclure que l'action des substances sapides se ramène à une action chimique, puisqu'elle a lieu d'après les même lois que les actions chimiques? »

CH. RICHTER et GLEY ont essayé de voir si les sels alcalins mélangés ajoutent leurs

effets sur les nerfs du goût. Ils ont fait une solution contenant des proportions telles qu'il y avait :

	Grammes.
Lithium.	0,7
Sodium.	2,3
Potassium.	3,8
Rubidium.	8,5

Soit en unités atomiques :

	Grammes.
Lithium.	0,1
Sodium.	0,1
Potassium.	0,1
Rubidium.	0,1

La solution de 1 p. 20 était très salée, et, à 1 p. 40, elle était encore sensiblement salée; la dose limite a été, en unités atomiques :

	Grammes.
Lithium.	0,00025
Sodium.	0,0025
Potassium.	0,00025
Rubidium.	0,00025

Cette dose est à peu près le tiers de celle qui agissait sur le goût en n'employant qu'un seul des sels en question. « Ces divers sels accumulent donc leur action sur les nerfs du goût; et, s'il en est ainsi, n'est-ce pas parce que l'action de chacun d'eux, sensiblement identique à celles de tous les autres, porte sur la même substance chimique des mêmes éléments anatomiques (matière nerveuse des terminaisons gustatives)? » (GLEY, art. *Gustation*, 598.)

Dans d'autres expériences, GLEY et CH. RICHEL, ayant pris le même métal, avaient préparé une solution de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium telle qu'un tiers de potassium fut mêlé à chacune de ces substances. Pour que le potassium fût sensible, on avait besoin d'une solution contenant 0^{gr},20 de potassium; cela fait 0^{gr},06 par rapport à chacune de ces trois substances, donc une quantité extrêmement faible; ce qui prouve que ces trois substances : le chlorure, le bromure et l'iodure, surajoutent leur puissance sapide.

Ces expériences, GLEY et CH. RICHEL les contrôlèrent par une autre méthode. On introduisit des quantités croissantes de sel dans une quantité déterminée d'eau jusqu'au moment où s'accusait une sensation gustative. La quantité de chlore, de brome et de soude fut recherchée, et on obtint les chiffres suivants :

	POIDS DE CHLORE de brome ou d'iode.	POIDS DE MÉTAL correspondant.
Chlorure de lithium	0,350	0,070
Chlorure de sodium	0,133	0,087
Chlorure de potassium . . .	20,54	0,285
Chlorure de rubidium . . .	0,224	0,540
Bromure de lithium	0,49	0,043
Bromure de sodium	0,57	0,164
Bromure de potassium . . .	0,52	0,253
Bromure de rubidium . . .	0,66	0,700
Iodure de lithium	1,06	0,058
Iodure de sodium	0,717	0,130
Iodure de potassium	0,664	0,194
Iodure de rubidium	0,374	0,260

Rapportées au poids moléculaire, ces données numériques nous fournissent les chiffres suivants :

	CHLORURES	BROMURES	IODURES	MOYENNES
Lithium.	0,0100	0,0060	0,0083	0,0081
Sodium.	0,0037	0,0070	0,0057	0,0055
Potassium.	0,0073	0,0064	0,0050	0,0061
Rubidium.	0,0060	0,0082	0,0050	0,0051
Moyennes.	0,0068	0,0069	0,0055	0,0062

Le goût peut donc reconnaître avec une certaine probabilité la quantité moléculaire des sels alcalins dans des solutions aqueuses. La sapidité des sels des métaux alcalins, c'est-à-dire leur action sur les terminaisons nerveuses, est, selon CH. RICHET et GLEY, proportionnelle au poids atomique de ces métaux. Le phénomène de la gustation se rapprocherait donc des actions chimiques ordinaires.

W. STERNBERG, de Berlin (*Beziehungen zwischen dem chemischen Bau der süss und bitter schmeckender Substanzen und ihrer Eigenschaft zu Schmecken. Arch. für Physiol.*, 1898, 804-884) examina chimiquement et physiologiquement les relations qui existent entre les propriétés des corps doux et des corps amers. Selon ses recherches, il n'y a aucune différence moléculaire. Des substances chimiques qui anesthésient la langue pour le goût sucré (l'acide gymnémique par exemple) suppriment également le goût amer. Le goût tiendrait de l'harmonie et de la dysharmonie moléculaire ou plutôt intramoléculaire : l'harmonie serait le goût doux, et la dysharmonie le goût amer. Les substances sapides sucrées et les substances sapides amères appartiennent chimiquement aux groupes OH et Az H³ ; ils sont odorifères et chromophores.

Reprenant plus tard ces recherches, auxquelles il ajoute avec sa précision habituelle quelques nouvelles données vraiment personnelles, le même auteur vient de publier récemment, dans les *Archives internationales de Pharmacodynamie et de Thérapeutique*, un travail des plus curieux sur le « principe du goût dans le second groupe des corps sucrés » (XIII, fasc.1 et 2, 1904). Lorsqu'on étudie toutes les combinaisons chimiques capables de nous donner des sensations gustatives, on remarque qu'il y a trois séries de combinaisons douces, de même qu'il y a trois séries de substances amères. Les trois séries des corps sucrés ont une propriété caractéristique toute particulière, propriété de nature double, comme l'avait remarqué W. ENGELMANN (*Arch. f. Physiol.*, 1898), et qui semble être commune à toutes les combinaisons douces. W. STERNBERG a cherché à trouver précisément le principe contenu dans cette nature double, qui provoque le goût. Quand le goût doux s'atténue ou disparaît, il pourrait devenir amer. Les recherches de STERNBERG l'ont conduit à croire que pour les substances inorganiques cette nature double est bien une condition particulière, mais elle n'est pas unique. Il faut une seconde condition, que va nous montrer l'étude des combinaisons organiques.

Tous les alcools sans exception possèdent la nature double à cause des radicaux alcooliques et hydroxyliques ; le goût doux est limité seulement à certains groupes d'alcools : les glycols et les sucres. Les alcools monoatomiques ont aussi la nature double, pouvant fonctionner comme base et en même temps comme acide ; pourtant, ils ne sont pas de goût doux, pas même insipides. Avec un simple changement survenant dans les molécules du sucre, le goût doux est transformé en amer, comme dans les saccharates et les glycosides, substances amères.

Partant de ces considérations chimiques, STERNBERG a examiné les alcools monoatomiques, diatomiques, polyatomiques et pleistatomiques, sans comparer l'intensité à la douceur, comme l'avait fait MÜSSELE (*Vergleichende Geschmacksprüfung zwischen Alkoholen, Glycosen und Saccharosen. Dissert. Würzburg, 1891*). Il résulte des observations de l'auteur que tous les alcools polyatomiques $C_n H_n + 2 (OH)$ possèdent sans exception le goût doux ; les alcools monoatomiques, ceux donc qui ne contiennent le groupement hydroxylique qu'une fois, ne provoquent aucune excitation gustative ou autre dans la vraie acception du terme. Tous les alcools polyatomiques possèdent un goût, ou bien doux ou amer. « Ce ne sont ni la composition arithmétique des atomes de carbone ni la position stéréométrique dans l'espace qui ont de l'influence sur le goût. » Le nombre des groupements hydroxyliques n'égalant pas au moins de moitié celui des radicaux alcooliques, le goût amer persiste ; il se change en doux, aussitôt que ce nombre est au moins égal à la moitié des radicaux. L'arrangement des atomes de carbone et d'hydrogène provoque une exception, car le rapprochement mutuel des atomes dans l'espace modifie sensiblement les conditions chimiques pour produire le goût doux ; un petit changement peut transformer le goût doux en amer, et il suffit que ces transformations portent seulement sur la position relative. Le goût doux peut donc indiquer le premier et le deuxième échelons sur le nombre d'hydroxyles mêlé parmi les autres atomes de carbone, et le goût amer nous invite à connaître « la disproportion

réciroque de nombreux radicaux alcooliques en relation avec les groupements hydroxyliques ». Le goût doux prend donc une part active à notre restauration, tandis que le goût amer nous défend contre tout ce qui nous nuit. Le goût aigre dénonce toujours le troisième degré d'oxydation, que les autres atomes de carbone soient ou non chargés d'hydroxyle.

Les conditions sont-elles les mêmes pour les matières douces de la chimie minérale ? Il y a beaucoup de sels qui, malgré la qualité dulcigène de certains éléments et malgré leur solubilité, sont pourtant insipides. La qualité gustative d'un sel dépend exclusivement de sa base. Les éthers sels, soit inorganiques, soit halogènes, ont l'odeur douceâtre, une saveur douce, c'est-à-dire le principe du goût. Aucun de ces éthers n'a le goût amer; c'est la même loi qui régit la qualité du goût des sels, qualité déterminée par la base exclusivement.

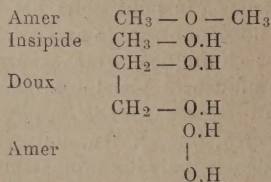
Voici le tableau schématique des combinaisons douces et amères :

COMBINAISONS DOUCES.		COMBINAISONS AMÈRES.	
I Combinaisons inorganiques.	La zone dulcigène.	La zone amaragène.	
II Combinaisons organiques.	Alcools.	Alcools.	Saccharates.
		Éthers.	Glucosides.
	Acides amers.	Substances amères de constitution inconnue.	
		<i>Bitterstoffe.</i>	
		Alcaloïdes.	

Les sels ont toujours sans exception le goût doux; pour les oxydes cependant, cette propriété gustative se limite à un petit nombre.

Voici les conclusions terminales de W. STERNBERG :

« Comme les alcools ont le goût doux, les éthers proprement dits ont distinctement le goût amer. Cependant il est digne de remarquer que l'éther, si volatil qu'il soit, ne possède pas l'odeur amère. En général, il n'y a aucune substance qui possède l'odeur vraiment amère. Il existe, il est vrai, des substances à d'odeur douce ou acide, mais il n'en est pas même une seule à odeur amère, ni à odeur salée. L'éther, cependant, a une odeur, c'est-à-dire qu'il possède un goût amer, et outre cela une odeur propre. Les éthers proprement dits sont comparables aux oxydes minéraux. Parmi les oxydes minéraux, il n'y en a qu'un qui possède le goût amer; c'est H_2O_2 . Le goût amer est réduit pour les combinaisons inorganiques aux sels, de même le goût acide exclusivement aux acides, de même le goût salé aux sels. Ce n'est que le goût doux qui se trouve en outre parmi les sels minéraux, et aussi parmi quelques oxydes. »



POUR LES « COMBINAISONS DU GOUT »

	DOUX	AMER
1) Les oxydes.	$[OH = 1/2(-H-)]$	$[OH < 1/2C - H-]$
	Les alcools.	Les alcools.
	(Les sucres).	Les éthers.
2) Les sels.	Les éthers.	Les alcoolates.
		Les saccharates.
3) Les combinaisons inorganiques.	II. Les combinaisons organiques.	

Mais il est étrange, pense STERNBERG, « qu'en considérant le goût doux des combinaisons minérales, il n'y ait pas même un seul exemple d'un cas où l'oxyde et en même temps le sel aient le goût doux. C'est ou bien l'oxyde comme As_2O_3 , As_2O_5 qui a le

goût doux, ou bien les sels, mais pas les deux séries réunies. Pourquoi des combinaisons comme $\text{Pb}(\text{OH})_2$, ont-elles le goût doux comme les combinaisons de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, le goût amer? Cela n'est pas connu jusqu'à présent.

Cependant KAHLENBERG (*The Action of solutions on the sense of Taste. Bulletin of the University of Wisconsin*, n° 25, Madison, Wisconsin, September 1898, p. 30, § 6) dit : « The ions SO_4 and CH_3COO have but very little taste : the effect of the latter seems to be a trifle sweet. »

Par conséquent, conclut STERNBERG, ce sont les sels et les oxydes qui possèdent le goût doux dans cette série.

Mais en réalité nous ignorons complètement la nature de la sapidité.

Les recherches de STERNBERG, qui confirment et complètent celles de CH. RICHET, de GLEY et CH. RICHET, de KAHLENBERG, nous indiquent la voie à suivre. La sapidité doit certainement avoir une relation intime avec la nature des substances chimiques; les sensations nerveuses doivent être pour quelque chose certainement, et on ne sait comment fixer sinon nos connaissances, du moins quelques hypothèses possibles, sur l'action des substances sapides avec l'ébranlement nerveux.

Faut-il admettre l'hypothèse de vibrations courtes, comme certains savants inclinent à le croire, schématisant nos connaissances acquises, ou faut-il attendre une explication possible des faits de la physico-chimie ou de la physique? Ce serait la voie la plus logique. Il faut en tout cas ne pas s'en tenir à la théorie subjective, facile à construire dans ce domaine comme dans tous les autres. Aussi bien ne pourra-t-on jamais nier la réalité objective des sensations gustatives.

II

Condition des sensations gustatives. — Pour qu'une substance sapide exerce son action sur la gustation, il est à considérer certaines conditions qui précisent, d'après tous les auteurs, l'hypothèse de l'action physico-chimique de la gustation.

Il faut distinguer deux sortes de conditions, les unes dépendant des substances sapides excitantes de la muqueuse linguale, et les autres, de l'état biologique et physiologique des éléments qui entrent en jeu dans la processus de la gustation.

a) **Conditions qui dépendent des excitants.** — Nous avons vu que la solubilité est une condition nécessaire de la gustation, et de BLAINVILLE, dans un classique traité sur *l'organisation des animaux* (1822), affirmait même un rapport étroit entre la solubilité et la sapidité; un corps était d'autant plus sapide qu'il était plus soluble. Il est vrai d'ailleurs que les corps insolubles n'ont pas de saveur, ou qu'en tout cas il s'agit alors d'une saveur spéciale. Analysant les sensations gustatives évoquées par les corps insolubles, on trouve toujours des sensations plus ou moins adéquates aux corps excitants. La saveur métallique n'a-t-elle pas été imaginée précisément pour définir des sensations gustatives autres que celles des classifications courantes?

Il faut toutefois n'admettre pas comme définitive la classification des saveurs. Qui oserait d'ailleurs écrire ce mot définitif en science à moins d'être un grand ignorant? Il se peut bien qu'avec le temps, les sensations s'affinissant, et devenant plus délicates et plus analytiques, les épithètes gustatives s'enrichiront peu à peu.

Une seconde condition, qui est d'ailleurs intimement liée avec l'hypothèse de la chimie du mécanisme gustatif, est, comme nous l'avons remarqué lors de l'étude des saveurs, la nature de la solution sapide; ou en d'autres mots l'élément qualitatif de la solution. VON VINTSCHGAU, avec son bon sens scientifique, indique cette influence, sans toutefois lui accorder la moindre considération. Nous répétons à titre de document l'observation de CAMERER, que le sel dissous dans une solution de gomme arabique perdrait notablement de sa sapidité; la sensibilité gustative deviendrait plus grossière: elle exigerait une solution plus forte (*Ueber die Abhängigkeit des Geschmackssinnes von der gereizten Stelle der Mundhöhle. Zeitschrift für Biologie*, 1870).

La troisième condition est la température des substances sapides. Parlant des saveurs, nous avons rappelé rapidement certains faits; examinons-les de plus près. Les expériences de CAMERER, quoique critiquées, sont confirmées par de nombreux faits. Entre

10 et 20° la sapidité s'exercerait dans les conditions les meilleures. Nous avons vu que BEAUNIS donnait comme température favorable 10 et 33°, chiffre d'ailleurs indiqué aussi par BÉCLARD (21-33). Les sensations trop basses ou trop hautes diminuent ou annihilent la sensibilité gustative : cela se passe d'ailleurs comme dans tous les domaines sensibles car les sensations du froid et du chaud obnubilent toute autre sensation spécifique. WEBER admettait déjà en 1847 (*Ueber den Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen. Arch. für Anat. und Physiol.*), pour que la langue soit capable de percevoir les substances sapides d'une température bien définie, le goût sucré n'est plus perçu à une température de 0, de même qu'à une température de 45 et 48.

Nous avons vu aussi dans les judicieuses remarques de GUYOT, qu'il était arrivé presque aux mêmes données. Il lui avait été impossible de percevoir la saveur amère du Colombo, après avoir gardé dans la bouche un morceau de glace.

Il faut tenir encore compte de la quantité de la substance sapide, de sa concentration ; nous reviendrons sur ces questions en parlant du seuil des sensations gustatives et de la loi psycho-physique de la gustation.

b. — Les conditions concernant les organes de la gustation. — La gustation exige toute une série d'organes dont on connaît à peine la fonction psycho-sensorielle spécifique : les causes d'erreurs dans l'appréciation de la sensibilité gustative en sont d'autant plus nombreuses.

Les premières conditions que demande une bonne détermination de la sensibilité gustative sont la détermination des autres *sensibilités connexes*, intimement liées, comme la sensibilité tactile et la sensibilité olfactive. Cette connexion est tellement étroite que des physiologistes, surtout parmi les anciens, refusaient d'admettre un domaine propre à la sensibilité gustative. CUVIER rapprochait le goût du tact ; et BLAINVILLE le définissait « une simple extension du tact ».

Pour l'influence de l'olfaction, nous avons cité, examinant la nature des saveurs et leur classification, les expériences de CHEVREUL : il y a des huiles essentielles qui agissent à la fois simultanément sur les deux domaines sensoriels. Le vin, avec son bouquet, est un exemple à citer ; le goût n'a pas la même précision, la même finesse, si on goûte le vin avec ou sans l'intermédiaire du nez. Cela tient, selon M. BERTHELOT, à la présence de certains éthers composés. Il en est de même pour de nombreux plats ; l'art culinaire cite maints exemples (BRILLAT-SAVARIN), des aromes, du fumet des viandes (WING), etc., qui réclament la collaboration des sensations olfactives. Cette association s'expliquerait par la connaissance de la disposition si rapprochée, si connexe, des organes de la gustation et de l'olfaction ; chez les Reptiles, il y a une communication directe entre la bouche et les fosses nasales, et, chez les Ruminants, l'organe de JACOBSON représente l'intermédiaire entre ces deux organes sensoriels. Pour LIÉGEAIS cette association influencerait sur la nature qualitative de l'odorat ; l'odeur n'était pas la même si l'on prenait connaissance par les narines ou par la partie postérieure des fosses nasales. L'humidité de la cavité buccale favoriserait la diffusion des émanations odorantes (*Mémoire sur les mouvements de certains corps organiques à la surface de l'eau et sur les applications qu'on peut en faire à la théorie des odeurs. Archives de Physiol.*, 1868).

Les exemples ne manquent pas pour prouver l'association étroite, et qui se trouve presque continuellement mise en jeu à l'état normal, de ces trois ordres des sensation : olfactive, tactile et gustative.

La seconde condition qu'exige la gustation est d'ordre mécanique, pour ne pas dire *musculaire*. La gustation est intimement liée aussi avec le mouvement musculaire de la cavité buccale et de la langue. GUYOT et ADMYRAULD, PATRICK surtout, nous donnent des détails précieux sur cette partie du mécanisme de la gustation, sur cette compression réciproque des substances sapides introduites dans la cavité buccale. LONGET, dans son *Traité de Physiologie*, ajoute quelques considérations, insistant sur la nécessité de presser, de triturer le corps solide ; la voûte palatine joue un rôle purement mécanique, et elle sert comme point d'appui de résistance dans tous ces essais gustatifs. Les lèvres, les joues concourent seulement à retenir dans la bouche les substances sapides pendant l'acte de la gustation.

Les mouvements de la langue jouent le rôle le plus important. RASPAIL et VALENTIN déniaient la possibilité de percevoir les saveurs, la langue étant immobile. RASPAIL affirme

« qu'en plongeant la pointe de la langue dans une solution sucrée sans qu'elle touche un point de la bouche, ni les parois du vase, on n'éprouve qu'une sensation de froid et d'un corps liquide, mais jamais on ne sent la saveur » (*Das Organ des Geschmacks. Froriep's neue Notizen*, février 1838. D'après GLEY, art. *Gustation*, 607).

Pour VALENTIN, l'acte de la déglutition est nécessaire dans la gustation; le sucre pulvérisé et déposé sur le bord de la langue étant imperceptible en tant que saveur sans le mouvement de la déglutition. GLEY a vérifié l'exactitude des affirmations de RASPAIL et de VALENTIN. J'ai répété sur moi-même l'expérience; elle est vraie, mais il faut remarquer qu'à la longue les sensations gustatives se perçoivent, l'amersurtout. La perception est plus difficile, plus tardive, le sujet met du temps pour accuser la sensation spécifique du corps sapide introduit dans la bouche, mais elle est réelle à la langue. Dans les expériences de DRIELSMAN, les sujets, qui avaient la langue immobile et isolée dans la bouche, répondaient seulement 18 fois sur 24 pour les saveurs mises en contact avec la muqueuse linguale. GLEY trouve dans la pathologie la confirmation de ce fait. « Les personnes atteintes de paralysie de la langue ou des joues donnent souvent des indications fausses sur la saveur des substances appliquées sur les bords de la langue. » (GLEY, art. citée, 607.) Selon les expériences et les observations de BIMAR, il faut attribuer aux mouvements de la langue la diffusion des substances sapistes. L'expérience citée par tous les auteurs, est assez concluante. BIMAR n'a jamais observé de diffusion de deux solutions différentes : une solution de ferro-cyanure de K., — quelques gouttes — déposée sur la partie de la langue tenue immobile hors de la bouche et une solution de perchlorure de fer déposée à la base de la langue. La langue devenant mobile, cette diffusion avait rapidement lieu, et la coloration bien caractéristique se produisait à la pointe de la langue. L'expérience, répétée sur le chien, donne les mêmes résultats; sectionnant chez une chienne les deux linguaux dans la région sous-maxillaire, l'animal n'éprouvait aucune sensation gustative, il ne manifestait aucune réaction psychosensorielle tant qu'on maintenait sa langue immobile; mais il manifestait des signes de dégoût dès qu'il fermait sa gueule et qu'on lui rendait la liberté.

La sensation gustative aurait besoin, selon J. MÜLLER, d'une répétition mécanique, pour ainsi dire, des mouvements de la langue et de son appui sur le palais de la cavité buccale; la sensation est comme renforcée par la pression. VON VINTSCHGAU considère, comme FICK et FUNKE (*Lehrbuch der Physiol.*, Leipzig, 1860), le rôle de la compression comme important dans le mécanisme de la gustation. Selon FICK (*Lehrbuch der Anat. und Physiol. der Sinnesorganen*, cité par VON VINTSCHGAU), la pression, la trituration donneraient aux substances sapistes plus de fluidité pour qu'elles puissent arriver plus intimement en rapport avec les terminaisons nerveuses des nerfs de la gustation.

« Il se passe dans la gustation, écrit GLEY, ce qui se passe dans l'exercice des autres sens: les mouvements musculaires jouent un tel rôle dans la production de la sensation qu'ils en font partie intégrante. On a peine à se représenter ce que serait sans eux la sensation. Par exemple, les mouvements des yeux ne sont-ils pas nécessaires pour mettre les éléments sensitifs de la rétine en contact successif avec les différentes parties de l'image et, par suite, étant eux-mêmes réunis par la conscience, ne deviennent-ils pas véritablement des éléments de la perception? Il en est de même de la part que prennent dans l'orientation auditive les mouvements de la tête et les vibrations du pavillon de l'oreille » (Art. citée, 608).

Parmi les conditions exigées par une fonction normale de la sensibilité gustative, citons encore, comme d'ailleurs dans tous les domaines sensoriels : l'état normal de la circulation et de la sécrétion de la muqueuse linguale. Une langue épaisse, recouverte par un mucus épais, empêche la gustation; il en est de même pour une langue sèche. Les substances sapistes exigent une humidité préalable et convenable, liée assez intimement à leur pouvoir gustatif. Analysant la physiologie de la gustation et son mécanisme de transmission, nous avons longuement parlé du rôle de la corde du tympan dans la gustation, et indirectement de l'importance de la circulation pour le fonctionnement normal de la gustation. Nous n'y reviendrons plus.

La sécrétion salivaire est certainement nécessaire, connaissant surtout le rôle que l'humidité joue dans la gustation. L'expression populaire : « faire venir l'eau à la bouche », consacre le rapport étroit qui existe entre la gustation et la sécrétion sali-

vaire. De la viande montrée à un chien provoque facilement une sécrétion salivaire. L'homme ne peut pas empêcher cette sécrétion, s'il vient à penser à un mets favori, à un plat succulent. La salive paraît donc jouer un grand rôle dans la gustation des substances sapides excitant particulièrement la muqueuse linguale.

La sécrétion parotidienne entre aussi en jeu dans le mécanisme de la gustation, selon les expériences de VULPIAN, dont nous avons fait plus haut une longue exposition. VULPIAN admettait que la glande parotidienne était innervée par des fibres excito-sécrétoires provenant du glosso-pharyngien, le nerf de la gustation par excellence, selon cet auteur; d'où la probabilité de la transmission par action réflexe.

La glande sublinguale entrerait en action, selon G. COLIN (*Traité de Physiol. comparée des animaux*, 3^e édit., I, 1886, 336), de même que toutes les autres petites glandes à salive visqueuse, pendant l'acte de la gustation.

Rappelons que la muqueuse linguale exige, ainsi que les substances sapides, une certaine température pour qu'elle puisse percevoir les substances sapides, tout comme ces substances sapides en exigent une pour se faire percevoir. F. KIESOW (*Beiträge zur physiologischen Psychologie des Geschmackssinnes. Phil. Studien*, XII, 253-273 et 464-473) fait remarquer que l'influence de la température se manifeste différemment selon qu'elle s'exerce en même temps que la gustation ou avant l'excitation de la muqueuse linguale. Selon lui, la température de la solution de la substance sapide n'a aucune influence, mais au contraire la température de la langue aurait une influence certaine. La langue plongeant dans l'eau pendant au moins deux minutes, à une température de 0° ou de 50°, ne peut plus accuser aucune sensation gustative, même pour une solution très forte, au bout de quelques minutes, ce qui est énorme pour une activité sensorielle. Elle serait plus manifeste pour le sucré, pour l'amer et pour l'acide, et moins pour le salé. SCHREIBER arrive à des conclusions différentes de celles de KIESOW (*Etude sur le sens du goût* (en russe. *Recueil de Mémoires sur la Philosophie*, offert à MOROCHOWTZEV en 1892, Moscou, 1893, 42-60). Il pense que l'influence de la température est d'autant plus grande sur les saveurs qu'elles ont une puissance plus sapide. Voici quelques chiffres de cet auteur :

	Solution à 30° ou 40°	Solution à 0°
Sucre.	0,1 p. 100	0,4 p. 100
Sel.	0,5 p. 100	0,25 p. 100
Chlorhydrate de quinine.	0,0001 p. 100	0,003 p. 100
Acide citrique.	0,023 p. 100	0,003 p. 100

Notons enfin le rapport qui existe entre la gustation et l'étendue de la surface de la muqueuse linguale excitée. Plus la surface est étendue, plus l'intensité de la gustation est grande. Les expériences de CAMERER plaideraient dans ce sens (*Ueber die Abhängigkeit des Geschmackssinnes von der gereizten Stelle der Mundhöhle*, Z. B., 1870). Il avait employé quatre solutions de NaCl titrées différemment, et il avait reconnu les saveurs plus facilement si la substance était plus étendue sur la surface linguale. Dans son dispositif expérimental, on pouvait agir à volonté sur une surface simple ou double; il avait imaginé un gros tube contenant deux petits tubes, de sorte qu'en introduisant la substance sapide dans un tube ou les deux à la fois, on était maître de l'augmentation de la surface excitée.

En résumé, l'hypothèse chimique est la seule qu'on doive prendre en considération. Mais de quelle manière cette réaction se produit-elle? Les substances sapides excitent-elles les bâtonnets de l'extrémité périphérique des cellules gustatives des bourgeons, ou cet ébranlement a-t-il lieu à l'intérieur même du bourgeon? On pourrait faire encore la supposition que tout se passe dans le protoplasme cellulaire, supposition d'ailleurs gratuite et des plus hypothétiques. L'histologie nous a montré à quel point les terminaisons gustatives diffèrent de celles de l'olfaction. Les auteurs auraient tort de comparer ces deux sens au point de vue de leur fonctionnement et de leurs structures histologiques. Les terminaisons nerveuses sont tout à fait différentes. Les recherches histologiques de RENAULT et JACQUES sont démonstratives. Les cellules olfactives et les cellules gustatives n'ont pas la moindre analogie, et WUNDT à tort considère, dans ses avant-dernières éditions, que dans les deux sensations les cils seraient mis en mouvement par les excitants chimiques. Les cellules olfactives sont des cellules ganglion-

naïres; elles constituent des protoneurones sensitifs. Le corps cellulaire est superficiel, tandis que le corps cellulaire des protoneurones sensoriels gustatifs est situé plus profondément (ganglion d'ANDERSCH et ganglion géniculé); le prolongement périphérique, très long d'ailleurs, se termine en s'enroulant presque autour des cellules des bourgeons gustatifs.

D'après les recherches de L. MARCHAND (*Le goût. Bibl. Internationale de Psychol. expérimentale*, Paris, Doin., 1903, 73) sur la muqueuse linguale du fœtus humain et sur les papilles foliées du lapin, on pourrait mettre en évidence le trajet suivi par les filets terminaux gustatifs. « Ces filets, écrit L. MARCHAND, suivant l'expression de JACQUES, se servent des cellules gustatives et de même des cellules de soutien comme de simples perches autour desquelles ils s'enroulent pour atteindre l'extérieur. Dans l'organe folié du lapin, nous avons pu voir l'extrême terminaison des nerfs gustatifs; ils viennent se terminer en partie à l'intérieur du bourgeon, en partie autour du bouquet des cols des cellules gustatives. Autour de celles-ci, les renflements terminaux des nerfs forment une couronne régulière. Il n'y a aucune différence anatomique entre les filets terminaux qui arrivent ainsi aux pores du goût et ceux qui se terminent à l'intérieur du bourgeon. Les pores du goût permettent aux liquides sapides d'arriver à l'intérieur du bourgeon et d'impressionner les filets nerveux plus profonds. Les filets qui sont les plus voisins du pore sont plus facilement impressionnés par les substances chimiques sapides. »

Ces considérations anatomo-histologiques ne font que confirmer la probabilité de l'hypothèse chimique; on saurait comprendre le pourquoi du retard des réactions des substances sapides. Il y aurait un rapport entre la longueur de temps de réaction des saveurs et la persistance des impressions (VON VINTSCHGAU et HOENIGSCHMIED, GLEY, MARCHAND).

La durée est plus longue pour les substances amères que pour les substances sapides; cela s'expliquerait par la difficulté au liquide de venir en contact avec les bourgeons gustatifs, d'où leur persistance due à la difficulté de la faire ressortir des corpuscules gustatifs. Hypothèse claire, mais à mon avis trop sommaire.

Les corpuscules gustatifs possèdent un dispositif spécial pour faciliter la pénétration et la diffusion des saveurs, à l'extérieur des bourgeons gustatifs. C'est l'appareil érecteur décrit par RENAULT. Le mécanisme de la gustation provoqué, soit par le jeu des mouvements musculaires (mastication surtout), soit par la compression des troncs veineux des parties de la muqueuse linguale, l'érection des papilles qui s'élèvent, et les substances sapides arrivent plus facilement dans les rigoles, et par suite, dans les pores gustatifs.

Les recherches histologiques de MARCHAND sur la langue de l'homme et du singe le conduisent à croire « que les bourgeons du goût sont très rares dans les régions dépourvues de papilles caliciformes. Au niveau des papilles fongiformes, selon lui, on ne trouve sur les corps histologiques qu'un ou deux bourgeons gustatifs par papille (MARCHAND, *Ouv. cit.*, 75). Et MARCHAND se demande, à la suite de tant d'autres auteurs, s'il faut considérer les terminaisons nerveuses des corpuscules du goût comme seules capables d'être impressionnées par les saveurs. La topographie de la gustation et les recherches récentes de TOULOUSE et VASCHIDE, de MARIAU, confirment des constatations antérieures des auteurs, et accusent une sensibilité gustative en des régions buccales dépourvues de corpuscules du goût. Il existe donc d'autres terminaisons nerveuses capables d'être impressionnées par les saveurs en dehors des corpuscules gustatifs, et cette possibilité ébranle la théorie chimique et toute l'argumentation qui liait nécessairement la gustation à la présence des bourgeons gustatifs.

MARCHAND n'a pu trouver dans la muqueuse du voile du palais, ou dans les amygdales, des corpuscules du goût; les vagues terminaisons libres qui s'arborescent dans toute la muqueuse, renflées à leur extrémité, pourraient être considérées, selon cet auteur, comme des filets nerveux sensibles aux substances sapides (MARCHAND, *Ouv. cit.*, 76). Il faut pourtant retenir que les papilles caliciformes seraient surtout sensibles pour les substances amères; la disposition anatomique des rigoles des bourgeons expliquerait pourquoi ces sensations mettent plus de temps à ébranler le système nerveux; les autres sensations seraient plus rapidement perçues à cause de la terminaison des éléments percepteurs, les terminaisons libres intra-épithéliales.

Un dernier point avant de finir ce chapitre. De quelle manière toutes ces voies de perception doivent-elles être conçues? Existe-t-il une seule voie nerveuse pour toutes les substances sapides, ou faut-il admettre des voies différentes pour toutes les sensa-

tions gustatives, qualitativement différentes ? Pourrait-on conclure, malgré les expériences, d'ailleurs exactes, des auteurs, de ce fait qu'il y a des papilles qui réagissent d'une manière différente, qu'il y aurait des voies différentes pour leur transmission et pour leur conductibilité ? Ou bien cette transformation est-elle d'origine cérébrale ? Ou cela tiendrait-à des modifications dues aux neurones de relais, qui renforceraient l'excitation première, plus ou moins spécifique ? GORCHKOFF admet même des centres corticaux distincts pour les diverses saveurs : chez le chien, ils sont disposés à la partie antérieure inférieure de la 3^e et de la 4^e circonvolution primaire, en d'autres mots, c'est dans la région de la sylvienne antérieure et de l'ecto-sylvienne antérieure. Le plus bas situé serait le centre pour l'amer ; le centre pour l'aigre, plus haut ; celui du salé encore plus, et le plus haut serait celui du doux (GORCHKOFF. *Travaux de la clinique des maladies mentales et nerveuses de Saint-Petersbourg*, 1902, 1, *Revue Neurologique*, 1903, 764).

La question non seulement est loin d'être résolue, mais elle est à peine posée ; elle est intimement liée au problème toujours nouveau de la spécificité des sens, qui, malgré les ingénieuses inductions de J. MÜLLER, MEYNERT, HELMHOLTZ, etc., reste encore debout et demande des faits, et toujours des faits nouveaux, pour consolider certains points faibles, ou pour expliquer des données que les physiologistes ignoraient jadis. Les éléments périphériques de la gustation favorisent certainement la possibilité de percevoir les substances sapides. Comme dans tous les domaines sensoriels, l'organe d'impressionnabilité joue un rôle de tout premier ordre ; les neurones intermédiaires transmettraient cette impression, la rendant encore plus spéciale en la renforçant davantage, et dans les centres corticaux, sur cette grande surface des lobes temporo-sphénoïdaux, aurait lieu cette modification, cette empreinte sensorielle spécifique. Mais toute hypothèse plus explicite serait gratuite.

XI. — LE SEUIL ET LA PSYCHO-PHYSIQUE DES SENSATIONS GUSTATIVES.

I. Le minimum perceptible. — La détermination du minimum perceptible des sensations gustatives est extrêmement difficile à cause des nombreuses conditions exigées, tant pour les saveurs excitantes que pour l'organe de la gustation, si indéfinissable, si complexe, et qui se prête surtout si peu à une analyse psychologique délicate.

Toute détermination ancienne est empreinte de nombreuses causes d'erreur : l'absence d'une technique précise empêchera toujours la réalisation des conditions exigées par toute mesure scientifique. Les anciennes recherches de VON VINTSCHGAU, CAMERER, VALENTIN, etc., sont intéressantes seulement à titre de documentation. Il faut arriver à CH. RICHEL, et à GLEY et CH. RICHEL, pour noter des chiffres qui sortent de la valeur comparative des renseignements des auteurs classiques. VON VINTSCHGAU a d'ailleurs adressé à ces recherches les mêmes critiques, et il insiste sur les mauvaises conditions de technique. On essayait de déterminer la connaissance perceptible soit des quantités données d'une solution quelconque, solution faite à tout hasard, et on cherchait à se rendre compte du titre de la solution perçue, solution de plus en plus diluée, ou on se servait d'une quantité aussi minime que possible d'une solution concentrée. La première technique est la plus logique. Nous avons parlé, dans le chapitre de la Gustatométrie, des techniques utilisées empiriquement ou scientifiquement par les différents auteurs. Je donnerai ici seulement les résultats de leurs expériences.

Voici les chiffres de VALENTIN, et les substances sapides employées :

Nature de la substance sapide.	Quantité volumétrique de la solution perçue (dans l'eau distillée).	Quantité absolue de la substance sapide. Grammes.	Observations.
Sucre de canne. . . .	20 cc. à 1 p. 83	0,24	Sensation faible, presque indéfinissable.
Sel de cuisine.	{ 11 ^{cc} ,5 à 1 p. 215 12 cc. à 1 p. 426	0,007 0,027	Sensation nette. Saveur très faible.
Acide sulfurique. . . .	1 p. 100 000	—	Avec de l'attention.
Extrait d'aloès.	1/4 cc. à 1 p. 323	0,008	Saveur nette.
Sulfate de quinine. . .	1 p. 33,000	—	Sensation nette.

VALENTIN croit qu'il faut plutôt se servir d'une petite quantité volumétrique d'une solution concentrée que d'une grande quantité d'une solution diluée.

Ainsi, pour avoir des sensations sapides du salé, il faut prendre 1 cc. 5 d'une solution de sel de cuisine de 0,87 p. 100 pour provoquer la sensation de salé, donc, 0^{sr}006 sel; on perçoit pourtant à peine la saveur d'une solution de 1/4 p. 100 de sel en prenant 12 cc. de la solution, soit 0^{sr}029 de sel. Cela est explicable, car il se peut bien que l'excitation plus intense de quelques fibres gustatives soit suffisante pour éveiller la sensation, tandis que l'excitation faible d'un plus grand nombre de terminaisons nerveuses serait moins capable d'évoquer une sensation nette. VON VINTSCHGAU explique le fait ainsi, et, ce semble, avec raison.

Pour la *strychnine*, VALENTIN donne comme solution possible : 1. p. 40,000.

CAMERER donne les chiffres suivants pour NaCl (*Die Grenzen der Schmeckbarkeit von Chlornatrium in wässriger Lösung* — A. g. P., II, 232).

QUANTITÉ DE SEL en milligrammes contenu dans sa solution acide.	DILUTION du sel.	NOMBRE DE FOIS où la sensation a été vraie.
4,8	1 p. 6250	8,7
9,5	1 p. 3158	48,7
14,3	1 p. 2098	79,7
19,1	1 p. 1570	91,5
28,6	1 p. 1049	98,7

Pour la quinine :

QUANTITÉ DE LA QUININE en milligrammes contenue dans la solution acide.	DILUTION de la quinine.	NOMBRE DE FOIS où la diagnose a été exacte.
0,029	1 pour 103,400	32
0,044	1 pour 68,000	62
0,059	1 pour 51,000	77
0,074	1 pour 40,000	88
0,089	1 pour 34,000	89

La sensibilité sapide de la quinine est, d'après CAMERER, 211 fois plus grande que celle du sel. Les chiffres de ces auteurs se ressemblent, avec cette différence que la sensibilité gustative de CAMERER est un peu plus grande que celle de VALENTIN. CAMERER reconnaissait une saveur salée contenant 28^{mgr} de sel, tandis que VALENTIN reconduisait une saveur légèrement salée à une solution qui contenait 0^{sr},027 de chlorure de sodium. CAMERER se servait d'une solution à 1 p. 1049 et prenait 30 cc., tandis que VALENTIN se servait d'une solution à 1 p. 413 et prenait 12 cc.

CAMERER avait essayé de déterminer la sapidité du sel pour une région délimitée de la pointe de la langue, et il a obtenu la sensation salée avec une solution de 0^{sr}039 avec un coefficient de 70 p. 100 de vrais ; le coefficient était de 12 p. 100 seulement avec une solution à 0,089.

Avec CH. RICHTER on arrive aux observations plus précises. Les observations faites sur lui-même (B. B., 1883, 17 décembre) sont toujours à citer; il employait 1 cc. de solution. Voici ses résultats :

	QUANTITÉ DE MÉTAL (par litre de liquide).
Sulfate de cuivre	0,001
Nitrate d'argent.	0,004
Bichlorure de mercure . . .	0,010
Chlorure d'ammonium . . .	0,020
Sulfate de zinc	0,045

Voici aussi les chiffres de CH. RICHTER pour la sapidité de quelques acides.

	par litre (poids absolu)	POIDS D'ACIDE par litre évalué et poids de CaO saturé.
Acide sulfurique.	0,07	0,040
Acide nitrique	0,07	0,031
Acide chlorhydrique . . .	0,078	0,059
Acide acétique.	0,09	0,042

L'action des différentes solutions acides sur la gustation ne varie donc que dans de très faibles limites. Donc cela se passe tout autrement que pour le sel et pour les substances amères.

E. GLEY et CH. RICHTER déterminèrent le minimum perceptible de divers alcaloïdes; en goûtant 5 cc. d'une solution dans l'eau. On avait pris tous les soins pour laisser aux sensations toute leur indépendance psycho-physiologique, mettant de l'intervalle entre les essais gustatifs et cherchant à éviter les post-sensations ou arrière-goût, source inépuisable des causes d'erreur dans toute détermination gustative (*De la sensibilité gustative pour les alcaloïdes*. B. B., 48 avril 1885, 237).

ALCALOÏDES	DEGRÉ	QUANTITÉ
	de la dilution par litre	de substance nécessaire pour être perçue en gr.
	gr.	
Strychnine monochlorée.	0,0006	0,000003
Strychnine.	0,0008	0,000004
Nicotine	0,003	0,000015
Éthyl-strychnine	0,004	0,00002
Quinine.	0,004	0,00002
Colchicine	0,0045	0,0000225
Cinchonine.	0,016	0,00008
Vératrine.	0,02	0,0001
Pilocarpine.	0,035	0,000125
Atropine.	0,03	0,00013
Aconitine.	0,05	0,00025
Cocaïne	0,15	0,00075
Morphine.	0,15	0,00075

Il n'y a pas de rapport à établir « entre la quantité nécessaire pour produire la sensation et la composition chimique », et il n'y a aucun rapport entre la toxicité et l'amertume. La rapidité des substances amères est, comme on le voit, extrêmement variable d'un alcaloïde à l'autre : il faut 200 fois plus de morphine que de strychnine pour provoquer une sensation gustative.

Voici, d'après GLEY et CH. RICHTER, quelques chiffres sur la quantité nécessaire pour être perçue des quelques corps dans lesquels entre aussi le groupe AzH³, comme dans les alcaloïdes :

	Degré de la dilution par litre.	Quantité de substance nécessaire pour être perçue.
	grammes.	grammes.
Méthylamine.	0,15	0,00075
Ammoniaque.	0,4	0,002
Urée.	7,5	0,035

J'ai étudié dernièrement avec le *quési-esthésimètre* TOULOUSE-VASCHIDE le minimum perceptible des sensations gustatives; j'ai voulu déterminer la sensibilité gustative générale, et nullement locale. J'ai examiné 28 sujets hommes et 30 sujets femmes, leur âge variant de 22 à 36 ans. C'est la première fois qu'on essaye de déterminer la sensibilité gustative pour obtenir une vraie moyenne. Voici les chiffres :

NATURE des SUBSTANCES SAPIDES.	MOYENNE DES SENSATIONS.		MOYENNE DES PERCEPTIONS.		NOMBRE DE CAS SUR 10 où LA SUBST. EST RECONNU.	
	HOMMES.	FEMMES.	HOMMES.	FEMMES.	HOMMES.	FEMMES.
Salé	2 p. 1 000	1 p. 100	1 p. 100	4 p. 100	9,27	8,31
Doux	6 p. 1 000	7 p. 1 000	6 p. 100	7 p. 100	8,73	8,03
Amer	5 p. 100 000	8 p. 100 000	5 p. 10 000	8 p. 10 000	8,90	7,82
Acide	8 p. 10 000	7 p. 10 000	8 p. 1 000	7 p. 1 000	9,40	9,20

L'homme a donc une sensibilité plus fine que la femme pour le salé; la supériorité persiste en faveur de l'homme avec moins de différence pour l'amer; pour l'acide et le doux, sa sensibilité gustative est presque égale, tant pour la sensation que pour la perception. La valeur des réponses concernant la sensation se juge chez les hommes et chez les femmes sur la proportion élevée des cas où l'eau est reconnue. Quoique l'homme paraisse avoir un goût plus fin, la femme est supérieure pour la reconnaissance des saveurs-odeurs. Sur 10 saveurs-odeurs les hommes en reconnaissaient en moyenne 6,42, tandis que les femmes en reconnaissaient 7,46. Cela tient sans doute à l'habitude qu'ont les femmes de porter, par leurs occupations de ménagère et leurs habitudes de toilette, davantage leur attention sur les saveurs et les odeurs des corps (VASCHIDE. *Mesure de la sensibilité gustative chez l'homme*. C. R., 1901, 893-900).

II. La psychophysique des sensations gustatives. — La loi psycho-physique de WEBER-FECHNER a été confirmée en partie seulement par les recherches de F. KEPPELER. KEPPELER avait montré qu'il est impossible d'évaluer psycho-physiquement le rapport entre l'excitation et la sensation. Lorsqu'on prend deux solutions différentes et dont la rapidité est très faible, on se trompe assez souvent dans la désignation qualitative de ces solutions; le nombre de ces jugements vrais et de ces jugements faux ne présente en aucune manière un rapport plus étroit. Les sujets qui goûtaient les solutions même d'une progression croissante de rapidité accusaient tantôt des sensations vraies, tantôt des sensations fausses. KEPPELER concluait que la loi de FECHNER, c'est-à-dire que la sensation croît comme le logarithme de l'excitation, ne peut pas s'appliquer aux sensations gustatives (*Die Unterscheidungsvermögen des Geschmackssinnes für Konzentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper*. A. g. P., 1869, II, 489).

Voici quelques chiffres :

Le degré de la concentration des différentes solutions.	Le pourcentage des cas vrais.
2,5 0/0	53,8
5,0	61,2
7,5	73,2
10,0	80,8

G. T. FECHNER, examinant les recherches de KEPPLER, constate que les résultats de cet auteur confirment sa loi pour ce qui concerne le chlorure de sodium, confirmation approximative, sans doute à cause de la différence considérable des considérations expérimentales. Les résultats des autres recherches sur la quinine, sur la glycérine, etc., sont sans doute moins favorables, même selon G. T. FECHNER. Les dernières recherches de HÖNIG confirment vaguement la loi psycho-physique de la gustation. Ces données expérimentales seraient d'ailleurs mises en doute par FECHNER comme dans les expériences de KEPPLER. Je ne connais pas d'autres recherches sur la psycho-physique; la question est encore à étudier expérimentalement. Les difficultés expérimentales sont notoires : on ne peut pas circonscrire l'irritation sensorielle, et, pour une même excitation, la surface excitée peut introduire des coefficients difficiles à interpréter dans le calcul des résultats.

XII. — LE TEMPS DE RÉACTION DES SENSATIONS GUSTATIVES.

La rapidité perceptive des sensations gustatives, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le corps sapide déposé sur la muqueuse linguale soit perçu, est généralement très long.

VON WITTICH et GRÜNHAGEN étudièrent les premiers cette question (VON WITTICH, *Ueber die Fortleitungsgeschwindigkeit in menschlichen Nerven*. Zeitschrift f. wiss. Med., 31, xxxi). VON WITTICH employa, pour la détermination de la durée des réactions des sensations gustatives, le courant électrique. Appliqué sur la pointe de la langue, le courant électrique provoquait une saveur acide; l'accusation d'une perception était accompagnée de l'interruption immédiate de l'excitation électrique. Il donne comme chiffre de la durée : 0/167 : dans ce temps entre aussi certainement l'acte musculaire qui détermine l'interruption du courant électrique.

Les recherches de VON VINTSCHGAU et HÖNIGSCHMIED sont plus nombreuses, et sont, avec celles de BEAUNIS, de BUCCOLA et de CH. HENRY, les seules qui aient été faites sur la vitesse des réactions gustatives. Les recherches de KIESOW concernent des points spéciaux de la psycho-physiologie sensorielle gustative.

VON VINTSCHGAU et HÖNIGSCHMIED (*Versuche über die Reaktionszeit einer Geschmacksempfindung*, A. g. P., x; XII, 87; XIV, 529) employèrent une technique des plus ingénieuses et simples. La substance sapide était déposée sur la muqueuse linguale, à la base ou à la pointe, avec un pinceau, en même temps qu'un courant électrique se formait instantanément. Il y avait rupture de courant immédiatement dès qu'on accusait une perception. Ils divisent leurs recherches en trois catégories :

1° Celles dans lesquelles les sujets avaient connaissance de la nature de la substance sapide employée.

2° Celles dans lesquelles les sujets devaient distinguer la substance sapide connue de l'eau distillée.

3° Celles dans lesquelles les sujets devaient distinguer deux substances sapes totalement ignorées. Il s'agissait, en somme, du « temps de choix ».

Voici les chiffres de VON VINTSCHGAU et de HÖNIGSCHMIED sur le temps de réaction pour la base de la langue des sensations gustatives :

Attouchement de la langue, simple contact, 0''1409.

Temps de réaction pour les saveurs amères, 0''552.

Temps de réaction pour les saveurs sucrées, 0''502.

Temps de réaction pour les saveurs salées, 0''543.

Le tableau suivant donne le résultat des expériences sur la pointe :

NATURE DE L'EXPÉRIENCE.	LE SUJET H.	S. D ^r O.	FU.
Attouchement.	0'',1507	0'',1251	0'',1742
Chlorure de sodium.	0'',1598	0'',597	»
Sucre.	0'',1639	0'',752	0'',3502
Acide.	0'',1676	»	»
Quinine.	0'',2196	0'',993	»

Les trois sujets avaient connaissance de la nature des substances sapes utilisées pendant l'expérimentation.

Dans le tableau suivant, on trouvera en secondes les résultats des trois sortes d'expériences faites sur un sujet :

	DISTINCTION DU CORPS SAPIDE de l'eau.	DISTINCTION DE				
		EAU.	CHLORURE de sodium.	ACIDE.	SUCRE.	QUININE.
Chlorure de sodium.	0'',1598	0'',2766	»	0'',3338	0'',3378	0'',4802
Acide.	0'',1676	0'',3315	0'',3749	»	0'',4081	0'',4096
Sucre.	0'',1639	0'',3840	0'',3688	0'',4373	»	0'',4224
Quinine.	0'',2196	0'',4129	0'',4388	0'',5095	0'',4210	»

La première colonne indique la substance dont on a mesuré la réaction gustative; les

autres colonnes donnent le temps de réaction cherchée par distinction de la substance dont la colonne respective indique la nature.

La conclusion des recherches de VON VINTSCHGAU et HÖNIGSCHMIED est que la vitesse des réactions gustatives de choix est d'autant plus lente que sa vitesse réactive individuelle est plus lente.

Les dernières recherches sont celles de H. BEAUNIS, auquel la psychologie doit de bien solides études. Les expériences ont été faites sur lui-même (*Recherches expérimentales sur les conditions de l'activité cérébrale et sur la physiologie des nerfs*, Paris, II, 1884, 49-81). Le dispositif est plus précis que le précédent. Sur la langue est appliquée une mince lamelle de platine, qui se trouve reliée à l'un des rhéophores d'une pile par un fil de platine; l'autre rhéophore de la pile est mis en rapport à l'aide d'un fil de platine, avec un anneau métallique, un bouton entouré d'une éponge; le signal électrique de DEPREEZ, interposé dans le circuit, fermait le courant au moment où l'éponge imbibée de la substance sapide était appliquée sur la muqueuse linguale. La réaction était indiquée par le signal donné par le sujet, signal électrique qui marquait la durée perceptive gustative.

Voici les chiffres de BEAUNIS :

POINTE DE LA LANGUE.

Nature de la substance sapide utilisée.	Minimum.	Maximum.
Salé.	0'',25	0'',71
Sucré.	0'',30	0'',85
Acide.	0'',64	0'',70
Amer.	2'',00	7'',00

DOS DE LA LANGUE

Nature de la substance sapide.	Minimum.	Maximum.
Salé.	0'',70	0'',146
Sucré.	?	0'',166
Acide.	0'',165	0'',166
Amer.	en moyenne	1'',5

Ces chiffres sont sensiblement supérieurs à ceux de VON VINTSCHGAU: cela tient certainement aux conditions différentes expérimentales. Graduer l'excitation pour avoir la mesure exacte et adéquate d'une excitation sapide donnée, c'est une besogne difficile, même entre les mains des physiologistes les plus exercés; le moment précis de l'excitation sensorielle ne peut pas être exactement déterminé; BEAUNIS analyse le minimum du temps de réaction des sensations gustatives, et il passe en revue les conditions des excitants sapides et celles des sensations gustatives. Si l'on voulait comparer le temps de réaction des sensations gustatives et celui des sensations olfactives au temps de réaction des autres sensations, BEAUNIS fait remarquer qu'on marcherait à l'aveugle, car il s'agit d'unités bien différentes.

CHARLES HENRY a étudié également la mesure du temps de réaction des sensations gustatives (CH. HENRY, *Le temps de réaction et des impressions gustatives mesuré par un compteur à secondes*, B. B., 1894, 27 oct., 682). On excite la langue avec un courant électrique faible, produit par une pile placée dans une cuvette « fixée au bouton déclancheur à secondes ». Cette pile consiste dans un disque d'argent, un morceau de ruban de magnésium brillant, et une rondelle de papier saturée d'eau. Le déclanchement de l'appareil est provoqué par l'application de la langue sur le disque d'argent. Le compteur s'arrête quand le sujet retire la langue. La mesure du temps de la réaction gustative est indiquée par le calcul du temps, depuis l'application de la plaque d'argent sur la langue et la perception de la sensation d'acide déterminée par le courant électrique. Pour cet auteur, la durée des sensations gustatives est de 1'', 4'', 5'', chiffres variant avec les individus, mais concordant chez le même sujet.

Citons aussi pour finir les chiffres du psychologue italien, G. BUCCOLA. On déterminait le temps par la mesure entre l'application d'une éponge imbibée avec la substance sapide et la rupture d'un contact électrique (G. BUCCOLA, *Le Legge del tempo nei fenomeni del*

pensiero. Saggi di Psicologia sperimentale: Milano, 1883, in-18, 632). Voici, en centièmes, le résultat de ses données :

A la pointe de la langue.
350 centièmes de secondes.

Base de la langue.
434 centièmes de seconde.

XIII. — LES PERCEPTIONS GUSTATIVES.

Dans ce chapitre, j'examinerai quelques données particulières qualitatives des sensations gustatives, et, entre autres : les phénomènes de *persistance des saveurs*, de *contraste des saveurs*, *combinaison des saveurs*, de *l'évolution des saveurs avec l'âge*, et le phénomène psycho-physiologique du *dégoût*.

1. — Les sensations gustatives ont la qualité d'être **généralement persistantes**. Or la cause de ce phénomène est extrêmement peu connue. Les recherches méthodiques font défaut, et nous sommes en pleines hypothèses; les unes évoquent l'action chimique des substances sapides; les autres, la lenteur de la perception. BIDDER trouvait une certaine analogie entre la persistance des couleurs et celle des saveurs, mais ses considérations sont vagues (*Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, III, (1), 1846, 10-11). Il faut toujours retenir l'hypothèse d'une énergie spécifique des sensations gustatives qui procéderait des mêmes bases et des mêmes principes que les sensations visuelles de couleur.

FICK (*Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane*, 1864) invoque les considérations anatomiques; il y aurait un rapport intime entre le nombre des fentes papillaires et la persistance des sensations gustatives. VALENTIN (*Lehrbuch der Physiol.*) invoque les considérations chimiques. Certaines substances sapides changeraient de saveur après la première impression gustative; l'arrière-goût ne serait pas le même lorsqu'il s'agit de la gustation des substances aromatiques, des substances qui contiennent du tanin, certaines liqueurs, etc. Les substances qui contiendraient du tanin, donc une substance amère, laisseraient aussi un arrière-goût, parfois une sensation de douceur. L'exemple de BIMAR (*ouv. citée*) est assez typique; ayant fait des expériences avec l'acide oxalique sur lui-même, il avait remarqué des différences notoires qualitatives entre les excitations sensorielles de la même substance sapide par rapport à la topographie de la muqueuse linguale irritée; mais elle produisit à la base de la langue un goût acide, sensation devenue quelques instants après douce, et à tel point que l'eau pure prise à la suite paraissait sucrée.

Les expériences manquent; tout au plus si la physiologie pourra enregistrer quelques cas d'observations isolées ou des considérations secondaires.

La *post-perception*, ainsi que les psychologues allemands appellent la sensation postérieure à l'excitation première, est plus typique, plus précise dans les sensations gustatives.

Les **saveurs consécutives** ont été rapprochées par certains auteurs des images consécutives et des couleurs contrastantes des sensations visuelles. Après la perception du sucré, il reste toujours dans la bouche la sensation d'acide; l'eau paraît légèrement douce après qu'on a goûté du salé ou de l'amer.

NAGEL et KIESOW sont les seuls auteurs qui aient étudié scientifiquement ce problème. Il ont apporté tous deux leur minutiosité habituelle, toujours intéressante à suivre, surtout quand on lit des auteurs aussi compétents dans les questions qu'ils étudient. NAGEL (*Ueber die Wirkung der Chlorsäueren Kali auf den Geschmacksinn. Z. f. Phys. u. Psych. d. Sinnesorg.*, x, 235-239) a constaté qu'une solution de chlorate de potasse à 1 p. 100, qui habituellement n'évoque qu'une vague et froide sensation gustative, presque indéterminable, communique à l'eau goûtée après cette solution une légère saveur sucrée et acide. La seconde sensation dépasse la première. Selon KIESOW, les sensations consécutives ne dépassent jamais les sensations primitives, contrairement à ce qu'affirme NAGEL; c'est seulement après un certain temps que la sensation se modifie, et elle devient alors amère. Le problème est à peine posé; il a besoin encore de nombreux faits pour admettre la moindre probabilité. Le goût, par sa complexité chimico-physiologique, explique la vieille expression : « *De gustibus non est disputandum.* » Les

actions glandulaires des papilles, les réactions de la salive, les éléments nerveux et les coefficients subjectifs, etc., sont des facteurs qui entrent en jeu et qui modifient et changent l'appréciation possible objective des sensations gustatives.

Un fait est certain : le goût s'émousse, les sensations s'affaiblissent avant de s'éteindre d'une manière particulière, à cause de la difficulté et de la complexité d'analyser les sensations de la cavité buccale. La **fatigue gustative** existe, mais elle est rarement constatable. Les *phénomènes physiologiques* troublent le goût par la distraction plus facilement qu'il ne peuvent troubler les autres excitations sensorielles. Comme phénomène psychologique, le goût constitue un état psycho-sensoriel particulier, car il a son autonomie toute particulière.

2. — Il n'existe aucun travail, en dehors des recherches de PATRICK (*On the analyses of perception of taste*), sur l'analyse des sensations gustatives, sur la *mémoire* et sur la *combinaison des saveurs*.

Tous les auteurs évoquent des souvenirs personnels, des analyses ingénieuses, des analogies, pour la plupart fausses, avec l'odorat; mais il n'y a aucun fait, aucune expérience précise, au moins dans la mesure où j'ai pu me documenter. En tout cas, la mémoire d'une saveur, le souvenir d'une saveur ne doivent jamais se confondre avec la *post-sensation* gustative, avec l'*arrière-goût*; le souvenir d'une saveur est un acte psychologique indépendant de l'excitation physiologique immédiate et peut être évoqué en dehors de tout concomitant physiologique. La *post-sensation* est comme l'ombre de l'excitation physiologique normale.

LONGET prétendait qu'il est impossible de remémorer les sensations gustatives, cela pourrait se traduire psychologiquement qu'il n'existe pas d'**images gustatives**. Nous sommes persuadés du contraire; mais toutefois il faut définir expérimentalement la nature et le contenu de ces images. Nous gardons le souvenir des saveurs, et ROUILLARD disait, peut-être avec raison, que la satiété est un effet de la mémoire du sens du goût.

L'*image gustative* entre en jeu dans notre langage intérieur, dans notre mémoire affective, dans notre association d'idées. On en fait un usage plus rare à cause de la petite place que cette image occupe dans la sphère intellectuelle humaine. En tout cas, cette sphère est beaucoup plus grande qu'on n'incline à l'admettre. On s'en rend compte lorsqu'on analyse les perversions du goût, et toute cette riche et inouïe pathologie des perversions sexuelles, pour la plupart toutes caractérisées par des perturbations gustatives.

Chez l'homme normal, ces images jouent aussi un rôle considérable; mais l'attention est portée consciemment souvent sur elles, à cause de l'intimité du domaine qu'elle atteint.

L'existence de l'image gustative ne serait-elle pas mieux expliquée par l'analyse de certains cas d'aphasie, où les sujets ne reconnaissent pas les objets visuellement, mais par l'odorat ou par le goût? Des lésions cérébrales bien délimitées, comme par exemple celles de l'occipital, n'empêchent pas les chiens opérés de reconnaître les aliments même par le goût en dehors de l'odorat; j'ai pu remarquer le fait maintes fois dans mes recherches sur les chiens écorés. L'image gustative existe; elle est définissable, et par conséquent la sensibilité gustative est capable d'emmagasiner des images, d'avoir une mémoire et d'intervenir dans le mécanisme mental au même titre que les autres sensations.

Les saveurs sont toujours accompagnées, en tant que saveurs, d'une certaine affectivité, mais à mon avis moindre que celle qui est admise par les auteurs. Les saveurs-images jouent dans la pensée normale un rôle effacé, elles entrent en jeu lorsqu'il s'agit surtout de l'*apport* des sensations de fusion; tout au contraire elles deviennent obsédantes dans les troubles pathologiques. Les images gustatives jouent souvent dans le mécanisme de notre pensée le rôle de rappel; elles servent comme plan à une association émotive, souvent intimement liée avec des souvenirs olfactifs. Au point de vue de la mémoire et du souvenir des images, la gustation, est, à mon avis, l'esclave du mécanisme psychologique de la gustation, et secondairement de la vision. Je pourrais donner des exemples multiples, mais je me contente de ces propositions explicatives, pensant y revenir plus tard avec des recherches expérimentales. Une image gustative est rarement seule dans l'esprit: elle se confond facilement avec les autres, et ce qui les distingue, ce qui donne de l'individualité à leur souvenir, ce sont précisément les images

olfactives et visuelles associées. Cela s'explique, à mon avis, par la pauvreté de notre langage, et par le peu d'épithètes avec lesquelles nous fixons dans notre pensée les images gustatives. Que dire d'une sensation douce, amère, acide ou salée, autre chose qu'elle est plus ou moins douce, amère, etc.? On ajoutera des termes approchés; mais l'image sera toujours pauvre. L'art culinaire, un art visuel plutôt que gustatif, a tellement compris, subconsciemment d'ailleurs, ce fait, que l'esthétique se réduit à une savante utilisation des matières premières culinaires pour frapper l'œil et le nez, pour provoquer des associations nombreuses et agréables de ces sensations adéquates. Les sensations de température et les saveurs-odeurs contribuent à donner le relief, à mieux fixer dans la mémoire toutes les excitations des substances sapides.

3. — Le **phénomène de contraste** des sensations gustatives se rapproche sensiblement du mécanisme psycho-physiologique des autres sensations. On entend par contraste une transformation, une inversion des sensations; une sensation en évoquerait une autre totalement opposée. Physiologiquement on sent que le nerf du goût est excité par une substance sapide, il devient moins ou plus apte à être excité par une nouvelle saveur. J. MÜLLER cite (dans son *Traité de Physiologie*, 1837, 493), comme phénomène de contraste, le fait que les saveurs du vin seraient moins franches, après des substances sapides sucrées, de même que le goût du fromage évoquerait le goût du vin... L'observation courante, d'ailleurs précisée dans l'art culinaire, nous déconseille de goûter le vin après avoir goûté des substances amères ou acides. Il y a incompatibilité entre certaines saveurs; comme entre certaines autres une affinité.

Pour la **compensation des saveurs**, la thérapeutique pharmaceutique pourrait à la rigueur nous fournir de nombreux exemples; les sirops et toutes les solutions sucrées servent couramment à cacher, à masquer les saveurs franchement désagréables. Je ne partage guère l'explication de BRÜCKE, admise par tous ceux qui le citent (*Vorlesungen über Physiol.*, 2^e éd., Wien, 1876). BRÜCKE est d'avis que le phénomène de la compensation est d'origine centrale; le sucre ne pourrait neutraliser l'acide et n'exercerait d'autre part aucune action sur la muqueuse linguale, selon cet auteur. Or il arrive souvent que le sucre masque une saveur acide. VON VINTSCHGAU, malgré l'opinion de BRÜCKE, est d'avis qu'on pourrait expliquer la compensation par la modification de nos sensations sapides. En tant que sensation, nous corrigeons la sensation acide. Dans ce cas, elle devient donc plus agréable pour la muqueuse linguale. Je crois que, dans le phénomène de la compensation, la subjectivité est prépondérante. Dans une série d'expériences et d'observations, je n'ai pas pu remarquer la moindre concordance expérimentale; les réponses variant non seulement d'un sujet à l'autre, mais aussi chez le même sujet et dans une proportion considérable, qui empêchait de songer à un phénomène psycho-physiologique central. Lorsque nous parlerons de la subjectivité des sensations gustatives, nous verrons quel rôle joue dans ce domaine sensoriel l'analyse mentale, le coefficient subjectif désorienté, n'ayant aucun point de repère et aucun critérium. Ainsi les suggestions sapides sont les plus faciles et les hallucinations les plus obsédantes.

D'après F. KIESOW (*Beiträge zur physiologischen Psychologie des Geschmackssinne*, § 4. *Compensation und Mischungsscheinungen*. *Philosophische Studien*, XII, 254-274), on ne peut pas obtenir l'annihilation réciproque d'une solution de deux substances sapides. Il a expérimenté avec dix combinaisons : sucré-salé, sucré-acide, sucré-amer, salé-acide, salé-amer, acide-amer; il a utilisé des solutions de sucre de canne, d'acide chlorhydrique ou de chlorure de sodium et de quinine. Le mélange était fait de manière à déposer sur la muqueuse linguale 1 cc.; les sujets devaient faire grande attention à leurs réponses. On n'a pas pu avoir des mélanges franchement insipides; tout au plus arrive-t-on à obtenir un liquide fade, différent comme goût des deux solutions mélangées. Plus les solutions sont faibles, plus le mélange est facile; plus elles sont fortes, plus le mélange est impossible; on perçoit la saveur sur laquelle l'attention se porte; parfois, mais c'est rare, on peut percevoir les deux saveurs en même temps. Le retard de la réaction des substances sapides amères expliquerait pourquoi dans le mélange elles apparaissent en dernier lieu. Les impressions gustatives sont si variables qu'on ne saurait comparer au mélange des couleurs le mélange, improprement d'ailleurs nommé ainsi, des saveurs.

Selon SCHIRMER (*Einiges zur Physiologie des Geschmacks. Deutsche Klinik*, 1859, XI, Nos 13, 15, 18. *Nonnullae de gustu disquisitiones. Diss. inaug. Gryphiae*, 1856), dans un mélange de saveurs on ressent tout d'abord le salé, le sucré ensuite ; viennent ensuite l'acide et dernièrement l'amer. Cela s'explique pour un mélange dans lequel le sucré se fait sentir le premier : la perceptibilité serait en rapport direct avec la rapidité des réactions sensorielles.

4. — L'art culinaire tire des avantages de ces phénomènes de contraste et de compensation. La **combinaison des saveurs** est l'âme de l'art culinaire ; il y aurait des gammes de saveurs selon les gourmets, et certains auteurs pensent même à comparer les accords et les désaccords des saveurs avec les phénomènes analogues des sensations auditives et gustatives. Il serait intéressant de voir s'il n'y aurait pas là quelque phénomène d'interférence, et de contrôler expérimentalement toutes les données de ces comparaisons gustatives, surtout si l'hypothèse du mécanisme de la gustation n'était pas celle d'ondes vibratoires, aussi courtes que possible, et surtout quand la théorie des *ions* nous oblige à nous diriger vers d'autres conceptions de nos mécanismes sensoriels.

5. — Les modifications les plus variées, les plus importantes, sont dues aux coefficients subjectifs individuels. Les **impressions gustatives subjectives** constituent un chapitre à peine commencé, mais qui sera des plus riches quand la pathologie nous documentera sur la portée analytique de nos investigations mentales dans le domaine de la gustation. Nous examinerons au chapitre suivant la pathologie de ces impressions gustatives, liées à des troubles nerveux soit centraux, soit périphériques ou fonctionnels. Dans les cas normaux, les impressions subjectives apparaissent surtout lorsqu'il s'agit de la dénomination des saveurs. Comme nous l'avons dit, le langage n'est pas toujours apte à former le terme adéquat : d'où perte du souvenir des phénomènes de contraste ou de compensation, des illusions, etc. A ce titre, il faut lire le travail intéressant de CH. S. MYERS, de Cambridge, sur les dénominations gustatives chez les sauvages (*Taste names in Murray Island. Reports of the Cambridge anthropological Expedition to Torres Straits*, II, (2), 186-189). C'est une étude psycho-linguistique des termes par lesquels les habitants de Murray-Island désignent les sensations gustatives. La voie indiquée par cet auteur sera très féconde ; car, au point de vue psychologique, la linguistique peut nous donner des renseignements de tout premier ordre. Citons encore à ce sujet le travail de A. F. CHAMBERLAIN (*Primitive Taste-Words. American Journ. of Psychol.*, XIV, 410-417) ; on trouve les noms et les expressions se rapportant au sens du goût dans le tribu des Algonquins.

L'attention joue un grand rôle dans les impressions subjectives gustatives, à cause des conditions si complexes de la psycho-physiologie buccale. L'art de goûter exige une grande attention, une fixation de l'attention, même très soutenue, et les dégustateurs des vins, de même que les chefs de cuisine, ont une attitude attentive typique quand ils dégustent. Il faut pourtant distinguer la *gustation* et l'acte de la *dégustation* ; le premier acte est purement physiologique ; l'attention exerce un rôle secondaire, elle n'est qu'appliquée. L'attention intervient au contraire dans l'acte de la *dégustation*, il s'agit alors de l'analyse du goût. L'acte de la *dégustation* exige dès le début une part active, immédiate, de l'attention. Le dégustateur cherche à obtenir de la gustation toutes les données physiologiques ; il savoure, ou, en termes physiologiques, il provoque l'acte de la gustation un nombre indéfini de fois, et il fait ensuite appel à ses souvenirs, à la mémoire des saveurs. Cela en principe doit se passer de la sorte. Dans la vie courante, ces deux actes se confondent le plus souvent, et goûter veut dire souvent *déguster*, même en dehors des dégustateurs de métier chez qui l'exercice a développé particulièrement non seulement la sensibilité gustative de la muqueuse linguale, mais aussi la mémoire et la sensibilité olfactives.

Il faut étudier un dégustateur de profession, pour comprendre la complexité analytique des sensations gustatives. Il est vrai que le sens du goût ne peut pas avoir en même temps des actions aussi variées, aussi nombreuses que celui de l'audition et de la vision ; mais des professionnels savent tirer de la gustation tout un monde d'images qui nous échappe. De sensations gustatives successives, momentanées, composées, etc., ils tirent des données précieuses, et ils arrivent à fixer la date, l'époque exacte d'un cru, ou les

substances sapides qui entrent dans la composition d'un plat. L'olfaction joue, ne l'oublions pas, un rôle considérable. J'ai vu un chef de cuisine qui avait distingué dans une sauce à la crevette, où il y avait plus de vingt-quatre goûts différents, la présence d'un goût de vanille, après avoir mis dans la sauce 5 centigrammes d'un mélange liquide, et cela après une analyse de moins de trois minutes. L'usage plus fréquent du goût explique certainement son développement si restreint par rapport aux autres sensations. On trouvera des détails vulgaires, mais intéressants, dans tous les livres de cuisine, surtout dans ceux du XVIII^e siècle (VICAIRE GEORGES, *Bibliographie gastronomique*).

« L'homme d'esprit seul sait manger, » disait BRILLAT-SAVARIN, dans sa spirituelle *Physiologie du goût*. Cet ouvrage est encore à lire, et, en dehors des considérations psycho-physiologiques, l'art culinaire n'aurait pas pu trouver un plus brillant et plus compétent rédacteur. En lisant ce livre, dont la psychologie ne pourra tirer, malheureusement, que des indications plutôt esthétiques, pour ainsi dire, que scientifiques, on trouvera des données bien curieuses sur la psychologie de la gustation, sur l'art de manger, et on s'habitue facilement à l'idée du grand rôle que jouent dans la vie les sensations gustatives, par leur coefficient intellectuel. « Le goût, dit cet auteur, nous invite par le plaisir à réparer les pertes continuelles que nous faisons par l'action de la vie (*Ouv. cité*, p. 37). » Il consacre aussi le *plaisir* de table et les jouissances du goût. « Tout ce qui est mangeable, écrit cet auteur, est soumis à l'appréciation de l'homme, et, dès qu'un corps succulent est introduit dans la bouche, il est confisqué, gaz et sucs, sans retour. Les lèvres s'opposent à ce qu'il rétrograde, les dents s'en accaparent et le broient, la salive l'imbibe, la langue le gâche et le retourne, un mouvement aspiratoire le pousse vers le gosier, la langue se soulève pour le faire glisser, l'odorat le flaire en passant, et il est précipité dans l'estomac, pour y subir des transformations ultérieures; sans que, dans toute cette opération, il se soit échappé une parcelle, une goutte ou un atome qui n'ait pas été soumis au pouvoir appréciateur. C'est par suite de cette perfection que la gourmandise est l'apanage exclusif de l'homme. » (*Ouv. cité*, p. 51.)

La gourmandise est, selon BRILLAT-SAVARIN, un acte de notre jugement. Parmi les aphorismes de cet auteur, citons encore ceux-ci, qui sont spirituels et vrais : « La table est le seul endroit où l'on ne s'ennuie jamais pendant la première heure. — La découverte d'un mets nouveau fait plus pour le bonheur du genre humain que la découverte d'une étoile. » Et celui-ci : « Prétendre qu'il ne faut pas changer de vins est une hérésie; la langue se sature, et, après le troisième verre, le meilleur vin n'éveille plus qu'une sensation obtuse. » Parmi les chapitres « méditations » de BRILLAT-SAVARIN, citons la Méditation II, qui traite du goût, de sa physiologie, et de son mécanisme (p. 36-75); Méditation IV, de l'appétit; Méditation VI, de la friture; et les Méditations XI (de la gourmandise), XII (des gourmands), XIV (du plaisir de la table), XIX (des vins); et la Méditation XXIII, où se trouve une complète histoire, abrégée et philosophique, de la cuisine. On se rend compte, à chaque page de la lecture de ce précieux ouvrage, que l'auteur aimait son sujet, qu'il avait une expérience large et sérieuse, et qu'il savait apprécier mieux que personne ces impressions subjectives dégustatives qui font défaut à nombre de personnes; peut-être, disait cet auteur, parce que leur attention ne s'est pas encore portée vers ce domaine, le seul où l'homme trouve de la consolation, du « bonheur ! », et prend parfois contact avec la sensation de la vie, et du goût de la vie.

N'oublions pas de citer l'opinion de LUYB, qui attribuait aux sensations gustatives l'origine des notions morales du *bon* et du *mauvais*, aux coefficients psycho-physiologiques, des sensations gustatives. On se serait habitué déclarer une action *bonne* ou *mauvaise*, en se rappelant les émotions subjectives des sensations gustatives agréables, douces; ou désagréables, amères. Nous citons cette opinion à titre de document; elle est certainement très discutable, et je ne saurais la critiquer sans évoquer le nombre considérable des problèmes qu'elle agite, en commençant par la théorie des causes finales. On pourrait faire à cette théorie l'objection que, dans les autres données sensorielles, les sensations sont accompagnées de coefficients subjectifs agréables ou désagréables.

Comme exemple de finesse des sensations gustatives, et de la délicatesse subjective à laquelle les sujets sont arrivés, soit par l'habitude, soit par des qualités sensorielles indispensables, citons celui où, selon un auteur anglais, CARPENTER, cité par BIMAR, des

épiciers de Londres seraient capables de déterminer à quel endroit de la Tamise on aurait retiré le sel dont on leur dira d'apprécier la saveur. On ne nous dit pas pourtant si l'examen a été fait par un homme de science, et si l'on a contrôlé scientifiquement ces données, sans doute considérablement grossies et dénaturées par l'ignorance publique. D'après CARPENTER, la personne qui dégustait d'habitude le Sherry à Cadix ou à Séville peut citer le tonneau dont il déguste l'échantillon; la variété des vins était pourtant considérable, plus de cinq cents. Moi-même, j'ai pu expérimenter sur deux dégustateurs : un sujet pouvait distinguer, les yeux bandés, dix-sept crus différents : il ne fit aucune erreur sur leur âge, leur valeur et leur goût. Je publierai un jour les observations détaillées. Le même sujet faisait des erreurs notables, dégustant le vin avec le nez bouché; et, dès qu'on lui présentait en examen des boissons différentes, comme du champagne, de l'eau-de-vie, etc., il faisait des erreurs grossières. Le second sujet a réussi devant moi, ayant les yeux bandés, à déterminer trente-trois nuances de vins de Bordeaux que j'avais pu recueillir; il ne se trompa jamais, quand il s'agit de la qualité du vin; et je n'ai réussi à le tromper qu'une seule fois, non avec des vins ayant le même âge, mais ayant dilué le vin dans des quantités différentes d'eau. Il ne put cependant déterminer l'âge aussi exactement que le premier; il me disait qu'il ne goûte que rarement des vins fins, et qu'il s'occupe de placer surtout des vins neufs, et qu'il représente plusieurs maisons. J'ai été également surpris de constater que ces deux sujets déterminent aussi exactement que possible leurs sensations gustatives, sans prendre de mesures préalables pour annihiler les sensations précédentes. Ils attendent la réponse de leur « gosier », et ne le nettoient jamais, selon leur dire.

L'habitude joue un rôle assez notoire dans l'appréciation des sensations gustatives; des exemples vulgaires peuvent être évoqués par tous et me dispenser d'en citer. Les éleveurs savent qu'en persistant, on peut arriver à faire manger aux animaux des aliments qui déplaçaient d'abord.

L'influence du tabac modifie aussi l'appréciation des sensations subjectives; à la longue, les fumeurs n'ont plus le goût fin, et la délicatesse de leur sensibilité gustative s'émousse. Dans mes observations, j'ai pu préciser *de auditu* quelques cas affirmatifs, mais je n'ai encore fait aucune détermination expérimentale.

L'éducation est encore à avoir en vue lorsqu'on parle des coefficients subjectifs gustatifs. Tous les peuples ont des plats nationaux, dont ils savourent copieusement le goût, soit par habitude, soit surtout par éducation. Un homme instruit n'a pas le même goût qu'un analphabète et un amateur de la bonne cuisine saura mieux apprécier que le simple mangeur de plats banaux, la saveur de certains mets ou des vins fins. Une cuisine étrangère est toujours peu agréable au sens dans les premiers contacts, et il y a des plats fameux que certaines personnes ne peuvent pas supporter, dont elles n'arrivent même pas à comprendre la réputation. La sauce romaine si vantée, le *liquamen*, n'était-elle pas préparée avec des intestins de poisson à moitié pourri? Les voyageurs publient, à ce sujet, des exemples très curieux, de peuplades aimant la viande pourrie, ou en état de putréfaction. LUDWIG et GREY nous citent des cas instructifs sur les indigènes australiens, amateurs de viande pourrie, qu'ils avalent jusqu'à la satiété (GREY, *Exploration in North-West and Western Australia*, Eyre, II). Dans LUBBOCK (*L'homme préhistorique*, Trad. Baillière, 1876), on trouve des citations de voyageurs qui racontent des faits analogues; les sauvages ont un goût tout particulier pour la viande pourrie de poisson et des matières en décomposition (HAWKESWORTH, *Voyages*, 403, WILLIAM, *Figi and the Figiens*, I, 213), etc. La manière dont les chefs Taitiens mangent les poissons crus est citée par tous les auteurs (COOK, *Premier voyage*, II, 100). Les Esquimaux affectent une grande sympathie pour les matières végétales à peine digérées (COOK, *Troisième voyage*, II, 511).

La gourmandise, non dans le sens de BRILLAT-SAVARIN, hélas ! est habituelle aux sauvages et aux êtres arriérés. Qui n'a pas remarqué l'appétit et la glotonnerie d'un débile-idiot? On dirait que le pauvre être est réduit à la seule forme expressive de la sensation de la vie!

Les auteurs ont essayé de trouver une explication psycho-physiologique du rire dans cet état de satisfaction alimentaire. DARWIN avait déjà fait remarquer que certains sauvages expriment le plaisir par des mouvements dérivés du plaisir de la nourriture.

Hypothèse ingénieuse, mais qui n'expliquera certainement pas les autres formes du rire, nombreuses, déviées peut-être de la forme primitive, mais difficiles à classer dans cette catégorie d'expressions.

L'hérédité entre aussi en ligne de compte. MARCHAND (*Le Goût*, 273) avait pu observer « une famille où bisaïeux, grands-parents, enfants et petits-enfants, avaient la répulsion pour la même saveur, considérée cependant communément comme agréable, et, point intéressant, chaque membre de la famille avait tenté d'habituer ses enfants à considérer la saveur comme bonne. » L'observation de MARCHAND est curieuse, mais pourquoi invoquer l'hérédité quand l'éducation expliquerait cette observation amplement?

Le psychologue anglais BAIN (*Les Sens et l'Intelligence*), examinant les sensations gustatives, considère la langue comme directement dépendante de la sensibilité de l'estomac. La langue n'est qu'un appendice de l'estomac, et elle est agréablement affectée ou désagréablement, selon la sensibilité stomacale. Par saveur, il entend les sensations agréables déterminées par l'aliment; la langue aurait la propriété d'apprécier, en d'autres mots, la digestibilité d'une substance. Les mots « frais, dégoûtant, nauséabond » et toutes les épithètes gustatives s'appliquent à la sensibilité stomacale et de la langue, organe attaché à son fonctionnement gustatif. Pour BAIN, l'élément psychique subjectif du goût joue un rôle presque nul. Certainement la digestion joue un rôle prépondérant dans l'appréciation et dans l'analyse des sensations gustatives; mais néanmoins, toutes ces épithètes qualitatives, toute cette sensibilité gustative est bien subjective; elle est liée à des données intellectuelles qu'on ne saurait dénier; car elles reposent sur l'éducation, sur l'habitude, sur la mentalité même du sujet.

6. — Les illusions gustatives et les hallucinations s'observent rarement à l'état normal. L'illusion gustative n'est pas une erreur gustative; elle est explicable surtout par un défaut d'attention, par une distraction plus ou moins grande, ou elle peut être provoquée par la suggestion. Les mauvais médicaments ne sont-ils pas goûtés parfois délicieusement par des enfants, et aussi par des grandes personnes, à la suite de bonnes paroles? Il serait banal de donner des exemples de suggestion. Les enfants ont plus souvent des illusions à cause de la pauvreté de leurs termes linguistiques, et aussi à cause de leur analyse limitée. Les travaux expérimentaux manquent également à ce sujet.

7. — La variation des sensations gustatives avec l'âge suit la courbe normale de l'évolution individuelle humaine.

Les enfants auraient, selon les affirmations classiques, dès la naissance, une sensibilité gustative fine et assez développée. Le sein de la nourrice humecté avec une solution amère est pris avec moins de facilité que le sein humecté avec une solution sucrée.

Selon PREYER, on reconnaît que le nouveau-né réagit, même s'il est né un ou deux mois avant le terme, lorsqu'on lui met dans la bouche des matières sapides. KUSSMAUL a expérimenté sur 20 nouveau-nés, et GENZMER sur 25 enfants, dont quelques-uns avaient à peine quelques heures, d'autres de trois à six jours, et d'autres six semaines au plus. La quinine et le vinaigre provoquaient, selon KUSSMAUL, des grimaces de déplaisir. La saveur acide fut constatée comme saveur acide, et nullement comme sensation de douleur provoquée par l'action chimique de l'acide. « Quelques-uns, écrit KUSSMAUL, firent la grimace la première fois qu'ils goûtèrent du sucre, mais, après les premiers moments, ils prirent plaisir au reste. La cause de ce fait me paraît être non dans la saveur elle-même, mais dans un autre phénomène psychique, la surprise que provoque la subite excitation des nerfs du goût. Un des enfants s'agite, très effrayé, au moment où il commence à goûter le liquide auquel il n'était pas habitué (et qui avait été réchauffé). Si la quinine avait provoqué une vive réaction chez les enfants, ils avaient coutume de retirer la tête plusieurs fois de suite quand on leur donnait ensuite du sucre, s'efforçant vivement de repousser celui-ci jusqu'à ce qu'enfin il se produisit un mouvement de succion et de déglutition. Cela concorde avec l'expérience que tout adulte a pu faire sur lui-même : une saveur très amère ou nauséuse n'est pas aussitôt dissipée par une saveur sucrée : une nouvelle excitation du sens du goût, par des saveurs différentes, provoque le retour — sans cesse plus faible — de la sensation primitive. » (D'après W. PREYER, *L'âme de l'Enfant*, trad. fr., Alcan, 1887, iv, 94.)

Les expériences de GENZMER confirment à tous points, et complètement, les observations

de KÜSSMAUL. Il résulterait de ses recherches que, même chez les enfants, il existe des différences individuelles. Les expériences de W. PREYER sont tout aussi confirmatives. Il a vu son fils, le premier jour de la naissance, lécher le sucre pilé dont il avait saupoudré légèrement le mamelon maternel. PREYER va jusqu'à considérer que l'innervation de certains mouvements de mimique et de certaines sensations gustatives est constante, parce qu'elle est innée. (*Ouvr. cité*, p. 99.)

Le sens du goût chez le nouveau-né est constitué : il est donc capable de fonctionner; il perçoit l'amer à une solution de 3 p. 100 jusqu'à 5 p. 100.

Toute saveur nouvelle provoque chez les enfants qui ont plus de 6 mois un jeu de physionomie qui s'approche de l'étonnement. Je renvoie le lecteur au chapitre intéressant de PREYER, et particulièrement à la partie concernant la comparaison des impressions gustatives (*Ouvr. cité*, 100-104). L'observation faite sur son fils est des plus intéressantes, surtout quant à la comparaison des saveurs différentes après le sevrage.

Les animaux nouveau-nés distinguent aussi la qualité des saveurs, selon PREYER; ses observations sont à lire. Il avait placé sous une coupe en verre un cobaye de 17 heures, et devant lui il avait mis un morceau de thymol, un morceau de camphre et un morceau de sucre candi. « Il tourne autour et s'arrête surtout devant le sucre, en rongé un angle et se met à le téter avec ardeur. On le voyait nettement, dit PREYER, sortir la langue et la passer contre la surface polie du cristal. Après qu'il se fut ainsi occupé pendant quelques minutes, avec grande satisfaction, je l'enlevai; je lui bandai les deux yeux, et je répétei l'expérience vingt-quatre heures plus tard. A mon étonnement il reconnut encore le sucre, bien qu'il n'eût ni touché au thymol ni au camphre, et qu'il ne pût le voir; sans doute, il se guidait par l'odorat. Il ne lécha ni le verre ni le bois, mais il lécha tout de suite le sucre comme précédemment et comme lorsque l'usage des yeux lui fut rendu (*Ouvr. cité*, p. 105). »

LONGET aurait donc eu tort d'écrire que « le goût est faiblement développé dans l'enfance » (*Ouvr. cité*, III, 58). Les jeunes enfants, selon lui, mangeraient la plupart des aliments qu'on leur présente, les plus grossiers comme les plus délicats. Le goût se développerait à l'âge mûr, l'âge des gustations. « C'est qu'en effet, écrit-il, le goût survit à la perte de tous les penchants, de tous les sentiments, de tous les plaisirs; c'est souvent la dernière jouissance de l'homme dans la vieillesse. »

DI MATTEI (*Archivio di Psichiatria, etc.*, XX, (3), 1900) a déterminé l'acuité gustative chez les enfants par rapport à l'âge et à leur sexe. Dans ces deux groupes composés, l'un, d'enfants âgés de 4 à 8 ans et l'autre d'enfants de 8 à 12 ans, il a constaté que l'acuité gustative n'est pas moins fine chez les garçons que chez les filles, comme toutes les autres sensibilités. Le salé est également perçu au même titre par les deux groupes de jeunes garçons; ils perçoivent et reconnaissent mieux l'amer que leurs camarades plus âgés; chez les filles, le premier groupe a une sensibilité plus fine que le second. Les filles auraient une sensibilité gustative plus fine que celle des garçons; pour les substances sapidées salées, les filles et les garçons se valent. Les garçons auraient l'acuité sensorielle plus fine pour les substances amères. La sensibilité gustative augmenterait avec l'âge, et la perception deviendrait plus pure.

Mes recherches sur la sensibilité gustative des adultes, dont j'ai rendu compte plus haut, ont montré une différence notoire entre les deux sexes; l'homme aurait une sensibilité plus développée (*Mesure de la sensibilité gustative chez l'homme et chez la femme*. — *C. R.*, 21 novembre 1904, 898).

La qualité des sensations enrichit la mémoire, et la reconnaissance des sensations devient plus facile. L'adulte — et à ce point de vue LONGET a peut-être raison — a une acuité, une perception sensorielle gustative très développée, acuité qui, si l'on peut se baser sur les considérations vulgaires, et les données de l'observation courante, augmenterait avec l'âge. Je doute fort que la vieillesse puisse compter dans son domaine sensoriel une acuité maximum; mes travaux sur la vieillesse, encore inédits, me conseillent la prudence devant une pareille affirmation, erronée de toute pièce, tout comme l'affirmation de GALL, que l'homme est très mal doué au point de vue du goût.

7. — Les Rêves gustatifs ont été extrêmement peu étudiés. Les remarques de BRILLAT-SAVARIN sur les Rêves gustatifs constituent plutôt une causerie familière qu'un travail scientifique; l'analyse de ses rêves ne manque pas pourtant de finesse. Il fait remarquer que

les sensations qu'on éprouve dans le sommeil se rapportent rarement à l'odorat et au goût. « Quand on rêve d'un parterre ou d'une prairie, on voit les fleurs sans en sentir le parfum; si l'on croit assister à un repas, on voit les mets sans en savourer le goût. » (*Ouvr. cité*, 244.) BRILLAT-SAVARIN demande un psychologue qui puisse expliquer pourquoi ces deux rêves impressionnent si peu l'âme pendant le sommeil. La diète détermine les rêves; les aliments excitants font rêver, comme la viande noire, le pigeon, le canard, le gibier et surtout le lièvre; il en est de même pour les asperges, le céleri, les truffes, les sucreries parfumées et particulièrement la vanille. « Ce serait une grande erreur, écrit BRILLAT-SAVARIN, qu'il faut bannir de nos tables les substances qui sont ainsi somnifères, car les rêves qui en résultent sont, en général, d'une nature agréable, légère et prolongent notre existence, même pendant le temps où elle paraît suspendue. » (*Ouvr. cité*, 215.) Voir aussi A. MAURY (*Le sommeil et le rêve*, IV, 98).

M^{lle} M. W. CALKINS, dans sa statistique des rêves (*Statistics of Dreams. American Journal of Psychology*, 1893, (3), 311), a relevé 2 rêves sur 335 cas, et elle n'a pu en constater aucun sur 298 observations.

B. TITCHNER a étudié et analysé le rêve concernant les images gustatives. On constate des rêves contenant des images gustatives sans qu'on puisse accuser des corrélations décelables avec de réelles modifications physiologiques. L'examen de la salive n'a relevé, lors de l'observation d'un rêve, rien d'anormal; il ne s'agissait que d'une auto-suggestion (B. TITCHNER. *Taste Dreams. American Journal of Psychology*, 1885, VI).

WEED, HALLAM et PHINNEY donnent le pourcentage suivant sur la nature de la fréquence des images sensorielles dans le rêve (*A Study of Dream Consciousness, American Journal of Psychology*, 1896, avril, VII, 405-411).

Images visuelles	34 p. 100
Images auditives. . . .	62 —
Images tactiles.	10 —
Images olfactives	7 —
Images gustatives	6 —

8. — Les impressions gustatives peuvent se modifier encore sous l'influence des **troubles organiques fonctionnels**; elles peuvent être altérées par l'action réflexe du sympathique. Une substance sapide provoque, on le sait, une sécrétion non seulement salivaire, mais gastrique; les idées de PAVLOFF et de son école ont confirmé scientifiquement les données intuitives sur le rôle prépondérant du système nerveux dans les phénomènes de la digestion. L'appétit provoqué par la faim ne fait pas toujours choix des aliments, il accepte tout aliment; le goût d'un plat favori, d'une sensation gustative agréable peuvent, à leur tour, provoquer l'appétit. Dans les troubles gastriques, la sensibilité gustative se modifie; les troubles fonctionnels mêmes du foie s'annonceraient par des troubles gustatifs; il y aurait une persistance d'une saveur amère (SPRING). On sait le rôle que joue l'examen de la langue dans le diagnostic médical.

9. — Nous avons vu que certains auteurs prétendent pouvoir exciter la muqueuse linguale en injectant dans le sang la substance sapide en cause. Précisons par quelques mots cette **objectivité de la sensation gustative**. Si l'animal de Claude BERNARD se léchait quand on lui avait injecté de la coloquinte, tout comme si on lui avait déposé une autre substance sapide sur la langue; si, de même, le chien de MAGENDIE se léchait quand on lui avait injecté du lait dans les veines, ce n'est pas que ces animaux eussent alors des sensations subjectives. Il en sera de même des ictériques, qui se plaignent de la persistance d'une saveur amère dans la bouche; des diabétiques, qui accusent la présence constante dans leur bouche d'une sécrétion sucrée, etc. Les malades ne subissent pas de sensations, mais il se peut bien qu'il s'agisse d'une réaction chimique, curieuse, en tout cas, à déterminer. BÉCLARD (*Ouvr. cité*, 369) réplique avec raison que, s'il s'agissait d'une transmission directe, d'une excitation sensorielle reliée réellement avec la présence dans le sang du sucre, jamais les sujets normaux n'arrivent à accuser les mêmes sensations sucrées. Le sang circule continuellement dans nos tissus, et on n'a jamais le goût du sang, sauf quand il est déposé immédiatement en contact avec la muqueuse linguale. Il faut un contact direct, immédiat de la muqueuse linguale avec les substances sapistes. L'habitude n'est pour rien, certainement. Très sceptique dans toutes

ces affirmations, je ne crois pas qu'on puisse transporter aux hommes les sensations des animaux en expérience, au moins pour le domaine si peu fouillé des sensations gustatives. A mon avis, il doit y avoir des sensations de psychologie, liées parfois à des combinaisons chimiques, qui provoquent ces sensations en apparence subjectives.

BROWN-SÉQUARD avait montré que l'excitation des nerfs du goût contribue d'une manière active à la sécrétion des sucs gastrique, pancréatique, biliaire et intestinal. C'est une action réflexe. Et il y a maintes relations fonctionnelles entre la gustation et les organes activés par le grand sympathique. La sécrétion salivaire est, comme nous l'avons vu, intimement liée avec les sensations gustatives; les glandes sous-maxillaire et sublinguale paraissent être plus directement en rapport avec la gustation. Cela complique encore l'analyse psycho-physiologique des impressions sensorielles gustatives : car il faut tenir compte de ces nombreuses actions réflexes, et des concomitants psychiques dont le grand sympathique a le monopole discret dans notre organisation biologique.

1° — La sensation du dégoût est en rapport direct avec le goût. Il faut distinguer les sensations de nausée, le vomissement, phénomènes physiologiques bien distincts, de la sensation du dégoût.

Le vomissement et la nausée sont des actions réflexes qui ne sont pas nécessairement accompagnées de dégoût; le dégoût, d'autre part, n'est pas lié avec ces sensations réflexes. Il faut chercher sa définition dans l'analyse psychologique de cette sensation; c'est ce que CHARLES RICHTER a fait avec précision.

Rappelons, avant d'exposer l'explication de CH. RICHTER, les quelques données et appréciations exprimées par les auteurs au sujet du dégoût.

Voici un tableau schématique de ces quelques considérations. Pour :

VERNIÈRE.	} Il existe des excitations propres qui provoquent le dégoût.
FLEMMING (cité in <i>Canstatt's Jahresb.</i> , 1893)	
VALENTIN.	} Le dégoût est une sensation gustative.
J. MÜLLER.	

Le dégoût, selon ces deux derniers auteurs, dépendrait entièrement du glosso-pharyngien, et il se produirait surtout sous l'influence des substances sapides amères : *Saporis ingrati affectio quem motus pharyngis reflexivi insequuntur* (VALENTIN, *De functionibus nervorum cer. et nervi sympathici*. Berne, 1839).

Pour ROMBERG (<i>Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen</i> , Breslau, 1851)	{ Le dégoût est une modification spéciale du goût d'ordre mécanique; elle serait en rapport avec les excitations du glosso-pharyngien.
--	--

BIDDER (<i>Schmecken. Wagner's Handwörterbuch der Physiol.</i> , 1846).	{ Le dégoût est une sensation spéciale du tube digestif.
--	--

STICH (<i>Ueber das Eckelgefühl; Annalen des Charitékrankenhauses</i> , Berlin, 1838).	{ Le dégoût doit être rangé parmi les sensations musculaires; il précède toujours un mouvement réflexe antipéristaltique. — L'excitation est <i>centripète</i> .
---	--

VON VINTSCHGAU (<i>Ouvr. cité</i> , 196).	{ Le dégoût est à séparer des sensations gustatives et des sensations musculaires.
--	--

E. GLEY (<i>Art. cit.</i> , 648).	{ Le dégoût est provoqué par une excitation qui agit tout d'abord sur les nerfs gustatifs, et seulement ensuite sur le pneumogastrique pour provoquer le vomissement.
--	---

E. GLEY ajoute, avec raison d'ailleurs, que « si l'excitation est forte, quoique désagréable encore, il peut n'y avoir ni nausées, ni, *a fortiori*, vomissement; il y a cependant dégoût. » (*Ouvr. cité*, 648.) L'excitation devenant trop forte, elle ne se limite pas, remarque GLEY, au pneumogastrique, mais elle atteint tout le système nerveux de la vie organique.

Pour CH. RICHTER, le dégoût est un phénomène tout psychologique; E. GLEY adopte la conception de CH. RICHTER, et, dans son article du *Dictionnaire encyclopédique*, il la résume simplement. Nous renvoyons les lecteurs à l'article *Dégoût* de ce Dictionnaire;

on y trouvera toutes les données nécessaires (CH. RICHTER, *L'Homme et l'Intelligence*, Chap., *Des causes du dégoût*. Paris, 1884, 81-84. et Append., X, 477-483). Il s'agit d'une loi simple et ingénieuse sur l'activité sensorielle organique; cette loi a été appelée par CH. RICHTER *Loi de la nocivité ou de l'inutilité*. Tout ce qui est inutile et dangereux est répulsif, disons-le, dégoûtant. Toutes les sensations peuvent provoquer le dégoût; le dégoût n'est donc pas l'apanage des sensations gustatives. Toutes les choses dangereuses à la santé, au bien-être de l'organisme, comme les alcaloïdes (*Poisons*), sont toutes amères. Les substances putrides, les animaux vénéneux et les parasites provoquent le dégoût. Les substances inorganiques laissent l'individu indifférent; elles n'évoquent pas cette inactivité qui touche de si près la défense de l'organisme. Si quelques odeurs provoquent le dégoût, comme l'hydrogène sulfuré et l'ammoniaque, il s'agit simplement d'une association des idées évoquant la putréfaction.

Instinctivement, l'homme aurait associé des coefficients émotifs d'appétition aux substances utiles à sa vie, et des coefficients de répulsion aux substances nuisibles. L'origine de la sensation du dégoût tiendrait à cette association instinctive, à cette défense biologique, pour ainsi dire, de l'organisme psycho-sensoriel. CH. RICHTER distingue ces sentiments instinctifs des sentiments acquis par l'éducation, par la civilisation. L'être primitif aurait fait ce choix instinctivement, comme l'alimentation joue dans la vie un rôle prédominant, il est facile de concevoir de nombreuses associations de dégoût avec les sensations gustatives. Avec la civilisation et l'éducation, le dégoût aurait gagné même les phénomènes moraux; la pensée devenant plus subtile, elle a trouvé d'autres éléments de nocivité, non seulement dans le domaine sensoriel, mais dans les analyses mentales, parfois je crois aussi précieuses, sinon plus, pour l'homme civilisé que tous les domaines des sensations. L'enfant arrive à avoir du dégoût, à force d'éducation, fait remarquer avec raison CH. RICHTER.

Le dégoût serait donc une *action psychique réflexe*.

11. — Citons, avant de terminer ce chapitre, les quelques **recherches expérimentales** faites sur la gustation, en dehors des questions que nous venons d'examiner. Nous citerons, à titre de documents, les travaux de CH. FÉRÉ, de SANTE DE SANCTIS et VESPA, et de HÄMELICK.

CH. FÉRÉ a étudié l'influence des sensations gustatives sur la motilité volontaire (*Note sur la fatigue par les excitations du goût*. B. B., 1901, 6 juillet). Les excitations gustatives augmentent la capacité du travail épigastrique au début, et surtout lorsqu'elles sont de courte durée; quand les excitations sont prolongées, elles provoquent immédiatement une dépression. « Dans tous les cas, selon cet auteur, elles précipitent la fatigue, et diminuent le travail total. »

Selon DE SANCTIS et VESPA, les sensations gustatives peuvent modifier les perceptions visuelles. Deux expériences furent faites sur treize sujets, dont tous des dégénérés: un mélancolique, et le troisième paralytique. On mesurait le champ visuel de ces sujets, pendant qu'ils goûtaient différentes saveurs mélangées. Le champ visuel était sensiblement modifié, surtout chez les sujets débiles; la saveur amère serait un agent plus modificateur du champ visuel que les autres sensations (*Riv. quindicinale d. Fisiol. Psych.*, 15 avril 1898).

Toute forme de l'attention distraite modifiera toujours n'importe quelle détermination sensorielle. On pourrait arriver aux mêmes conclusions par une généralisation logique des phénomènes de l'attention et de la distraction sensorielles.

Enfin, HÄMELICK a examiné dernièrement l'*asymétrie gustative*. Il ne m'est pas possible d'analyser ici ce long travail. Il ne paraît pas, toutefois, bien documenté, et sa technique est des plus critiquables. Il y aurait une asymétrie gustative, comme il y a une asymétrie sensorielle, musculaire, visuelle, auditive. Elles rentrent dans le cadre des asymétries psycho-sensorielles connues (*L'asymétrie gustative*. Année *Psychologie*, 1904).

XIV. — LA PATHOLOGIE DES SENSATIONS GUSTATIVES

Les troubles de la sensibilité gustative peuvent se diviser en deux grandes catégories, selon leur nature : *Troubles objectifs* et *troubles subjectifs*. Les premiers peuvent

se préciser par la détermination de l'agent provocateur, donc de l'action extérieure qui modifie le mécanisme normal des sensations gustatives, et les seconds sont des perturbations psychiques d'ordre central, sans aucun objet réel, comme les illusions, les hallucinations et les perversions gustatives.

J'ajouterai quelques nouveaux détails aux tableaux qu'a donnés mon ami MARCHAND (*Ouv. cit.*, 289).

Troubles objectifs.	{	Agueusie	Paragueusie
		Uni- ou bilatérale.	Monogueusie.
		Hypogueusie.	Panhypogueusie.
Hypergueusie. Uni- ou bilatérale.	{	Unie- ou bilatérale.	Monohypogueusie.
		Panhypergueusie.	
		Monohypergueusie.	
Paragueusie.	{	Retard de la sensation.	
		Erreur de localisation.	
		Gustation colorée.	
Troubles subjectifs.	{	Illusion de goût.	
		Hallucination du goût.	
		Perversion du goût.	

Les termes « para », « mono » expriment la valeur du contenu ; l'agueusie exige la perte de la sensibilité gustative, elle est générale (paragueusie), c'est-à-dire porte sur toutes les saveurs, ou sur une seule (monogueusie). La sensibilité gustative dénommée hypogueusie peut être de même générale, c'est-à-dire pour toutes les saveurs ou pour une seule. Il y a en a même pour les états d'hypersensibilité gustative. L'*antigueusie* est la perception erronée d'une saveur ; on perçoit une saveur pour l'autre. C'est tout comme l'illusion gustative, que je n'arrive pas bien à différencier de cette substitution sensorielle. La *paragueusie* serait identique avec les perversions du goût (GLEY, *loc. cit.*, 647).

I. Les troubles objectifs des sensations gustatives. — Pour bien comprendre ces troubles, il faut considérer le fonctionnement des organes, en d'autres mots les modifications du mécanisme anatomo-physiologique de la gustation.

Ces troubles peuvent être liés avec des lésions :

- a) De la langue ;
- b) Des nerfs de la gustation ;
- c) Des voies cérébrales ;
- d) D'entres cérébraux.

a) **Les lésions de la langue.** — On sait le rôle considérable que la langue joue dans le diagnostic médical. Il y a toute une séméiotique de la langue, exagérée même dans l'ancienne médecine. La langue, son état vasculaire et surtout son aspect, dénonceraient l'état de la maladie, et les sensations gustatives doivent s'en ressentir nécessairement. Des indications séméiotiques se basent sur l'état d'humidité, de turgescence, de la couleur de la langue et aussi des enduits de la face dorsale. Je rappelle à titre de documents la langue dite *saburrale*, *catarrale*, la langue turgescence, œdémateuse et gardant l'empreinte des dents ; « elle est humide et recouverte d'un enduit blanchâtre, très épais, très profond ; les saillies papillaires sont très accentuées » (MARFAN. *Note au Traité de Diagnostic médical* de E. EICHHORST. *Trad. d'après l'Éd. allemande par MARFAN et L. BERNARD*, 1903, Steinheil, 534). Quand l'enduit de la langue est teint de jaune par la bile, le malade a la bouche amère. Citons encore la langue de la *fièvre typhoïde* et des états typhoïdes, que les médecins anciens présentaient comme un symptôme des plus graves : « *Lingua arida et tympanitis, signa mortis imminetis* » ; la langue dite *rhumatismale* de LASÈGUE, etc. Signalons encore avec MARFAN les dilatations ampullaires des petits vaisseaux de la langue, qui feraient pronostiquer l'imminence d'une hémorragie cérébrale, etc. Des modifications organiques annihilent ordinairement la perception exacte des saveurs. L'agueusie généralisée a été observée, quoique d'une manière passagère, chez certains fumeurs, ou chez des alcooliques invétérés, qui, à cause de leur bouche ouverte, avaient la langue sèche et « recouverte d'un enduit saburral épais ». Ce sont les mêmes modifications de la

surface de la langue, empêchant les substances sapides d'arriver aux corpuscules du goût, qui suppriment les sécrétions gustatives chez les fébricitants, et surtout chez les malades ataxo-adyamiques à bouche sèche, fuligineuse, à « langue rotie » (JULES RENAULT, *Manuel du Diagnostic médical* : Paris, Rueff, 1902, 1, 346).

Les lésions de la muqueuse linguale, les brûlures, et toute modification pathologique provoquent certainement des modifications sensorielles concomitantes. Toute destruction des corpuscules du goût en somme empêcherait ou diminuerait sensiblement la sensibilité gustative spécifique de la muqueuse linguale. L'épaississement même de la muqueuse provoque, dans certaines maladies, l'abolition de la perturbation des sensations gustatives.

ODGEWORT, KIESOW, GOY (*Ueber Substanzen welche die GeschmacksEmpfindungen beeinflussen. Dissert. Würzburg, 1896*) et PODIAPOLSKY (*Expériences avec l'acide de gymnemne. Bull. Lab. Psych. de Tokarsky, à Moscou, 1896*) ont étudié l'action particulière de l'acide de *gymnemne*. On supprime complètement la sensibilité pour le sucre et pour l'acide, et l'on frotte la langue avec une solution alcoolique d'acide de *gymnemne*; on perçoit encore le salé et l'acide. Les expériences de U. Mosso sur la cocaïne montrent également la possibilité de supprimer la sensibilité gustative.

L'absence de la langue n'empêcherait pas la perception gustative. Les cas de JUSSIEU, de BRILLAT-SAVARIN et de RODIER, sont concluants à ce sujet. Dans le premier cas, il s'agissait d'une atrophie congénitale de la langue; dans le second cas, de l'absence de toute la partie antérieure de la langue jusqu'au filet, et, dans le troisième cas, de RODIER, d'une extirpation de la langue à cause d'un cancer. Voici l'observation de BRILLAT-SAVARIN :

« Les personnes qui n'ont pas de langue, ou à qui elle a été coupée, ont encore assez bien la sensation du goût. Le premier cas se trouve dans tous les livres; le second m'a été assez bien expliqué par un pauvre diable auquel les Algériens avaient coupé la langue pour le punir de ce qu'avec quelques-uns de ses camarades de captivité il avait formé le projet de se sauver et de s'enfuir. Cet homme, que je rencontrai à Amsterdam, où il gagnait sa vie à faire des commissions, avait eu quelque éducation, et on pouvait facilement s'entretenir avec lui par écrit.

« Après avoir observé qu'on lui avait enlevé toute la partie antérieure de la langue, jusqu'au filet, je lui demandai s'il trouvait encore quelque saveur à ce qu'il mangeait, et si la sensation du goût avait survécu à l'opération cruelle qu'il avait subie. Il me répondit que ce qui le fatiguait le plus était d'avaler (ce qu'il ne faisait qu'avec quelque difficulté); qu'il avait assez bien conservé le goût; qu'il appréciait, comme les autres, ce qui était peu sapide ou agréable; mais que les choses fortement acides ou amères lui causaient d'insupportables douleurs (*Ouv. cité, 79*). »

L'ablation de la langue n'empêcherait donc pas la manifestation des sensations gustatives sans doute sensiblement modifiées.

Citons également les troubles gustatifs chez les tabétiques. PIERRE MARIE signala le premier l'abolition complète des sensations gustatives chez les tabétiques (*Maladies de la moelle, 1852, XVII^e leçon, 26*). « Quelques tabétiques, écrit PIERRE MARIE, accusent des saveurs bizarres, notamment une saveur sucrée plus ou moins persistante, qui, bien entendu, n'ont objectivement aucune raison d'être. Parfois aussi il existe une véritable agueusie qui probablement est due aussi à l'altération des nerfs du goût. Ces différents troubles sensoriels sont en somme assez rares, peu accusés et mal connus. » KLIPPEL a consacré à ce sujet un mémoire très complet, que nous examinerons en détail : car c'est un des rares travaux de clinique qui analysent minutieusement les perturbations gustatives.

L'étude du tabès apporte une importante contribution à la pathologie du goût. Bien que cette maladie affecte fréquemment la sensibilité spéciale gustative, les ouvrages classiques indiquent à peine ce côté de la question. VULPIAN (*Maladies du système nerveux, 1879, 1, 330*) affirme que le goût est très rarement atteint dans le tabès. LEYDEN (*Maladies de la moelle épinière, 610*) écrit : « L'odorat et le goût ne sont jamais sensiblement troublés. » RAYMOND (*Tabès dorsalis. D. D., 340*) dit de ces troubles gustatifs et des troubles olfactifs : « Ce sont là des manifestations insolites auxquelles on ne saurait, en l'état des choses, attribuer une grande importance. »

Cependant les observations publiées par TOPINARD, PIERRET, JOFFROY et HANOT, FALRET, de MASSARY (TOPINARD, *Traité de l'ataxie locomotrice*. Paris, 1864, 154 et 274. — PIERRET Observations IV et X. — JOFFROY et HANOT, *Accidents bulbaires à début rapide chez les ataxiques*, Congrès d'Alger, 1881. — FALRET, cité par ALTHAÛS, 61. — DE MASSARY, *D. de Paris*, 1896) montrent bien que ces troubles ne sont point exceptionnels, et que, comme le dit KLIPPEL (*Les troubles du goût et de l'odorat dans le tabès*. *Archives de Neurologie*, 1897, n° 16), il s'agit là de symptômes souvent rencontrés en clinique.

KLIPPEL a examiné la question d'une façon méthodique et a précisé les faits. Nous reproduisons le tableau des symptômes qu'il a relevés :

Tableau des symptômes sensitivo-sensoriels gustatifs chez les tabétiques.

Abolition totale du goût.
Diminution uni- ou bilatérale du goût.
Perversion du goût.
Délire de persécution tabétique à point de départ dans les troubles du goût.
(Sphère du glosso-pharyngien).
Anesthésie linguale, uni- ou bilatérale.
Perversions du goût consécutives à des troubles d'innervation et de trophicité dans la sphère du nerf lingual.
Langue saburrale névropathique (sphère du trijumeau).
Abolition du réflexe pharyngien.
Abolition du réflexe salivaire.
Exagération du réflexe salivaire (surtout dans les perversions du goût).
Troubles probables de l'action réflexe de la gustation sur les sécrétions gastriques.

KLIPPEL fait très justement remarquer que, dans ce tableau symptomatique, les troubles de la muqueuse buccale relevant de la sensibilité spéciale (nerf glosso-pharyngien) sont nettement séparés de ceux de la sensibilité générale (trijumeau) de cette muqueuse. Mais, dans la pratique, les deux espèces de sensibilité sont le plus souvent attaquées, et le sujet présentant de l'*agueusie* peut fort bien présenter de l'*anesthésie* linguale. Il y a même plus : c'est que les troubles ci-dessus mentionnés ne sont pas forcément produits par des lésions du glosso-pharyngien. Les nerfs de la sensibilité générale jouent un grand rôle dans la gustation, et suffisent, à eux seuls, à en expliquer les troubles.

KLIPPEL a divisé les deux symptômes en deux ordres de phénomènes : phénomènes d'*anesthésie*, et phénomènes de *perversion*.

1° *Phénomènes d'anesthésie uni- ou bilatérale*. — Lorsque le tabès est confirmé depuis un certain temps, le malade accuse assez fréquemment une agueuse totale. Il ne reconnaît pas la nature des aliments qu'on lui sert. A l'aide de différentes substances douces et amères, il est aisé de mesurer le degré de cette agueusie par la technique ordinairement employée pour la mesure des anesthésies hystériques. On reconnaît par le même procédé si l'agueusie est uni ou bilatérale. La sécrétion réflexe salivaire semble diminuée dans l'agueusie tabétique; dans les perversions gustatives, au contraire, la sialorrhée peut être très importante; mais les recherches de KLIPPEL ne sont pas suffisamment certaines sur ce point pour pouvoir y trouver un résultat précis.

2° *Phénomènes de paresthésie. Perversions du goût*. — Le malade, dans ce cas, perçoit une saveur n'ayant pas de réalité objective. Ce phénomène, purement subjectif, provient soit d'un trouble de la sensibilité générale (muqueuse linguale), soit d'un trouble de la sensibilité spéciale; mais le plus souvent ces troubles affectent les deux appareils.

Ces perversions de la sensibilité générale concomitantes aux lésions de la branche linguale du trijumeau sont des paresthésies se présentant sous divers aspects. KLIPPEL dans son étude les a peu examinées, et il est possible, en effet, qu'elles soient moins caractérisées dans le tabès que les troubles de l'olfaction (crise nasale). Par contre, les perversions de la sensibilité spéciales sont extrêmement fréquentes, et caractéristiques. Un malade, observé par KLIPPEL trouve, à tous ses aliments, le goût de poisson pourri. « En même temps la salivation était extrême. La salive recueillie en vingt-quatre heures dépassait deux litres et était en réalité plus considérable. Les aliments la provoquaient en très grande abondance. La diminution de la sensibilité générale de la langue était peu marquée; mais dans la sphère du trijumeau, à la face,

il y avait des troubles des plus nets. Le malade sentait incomplètement au toucher; à la piqure il y avait erreur de lieu. Il désignait la lèvre supérieure au lieu du front; le cou au lieu de la joue (KLIPPEL, (*loc. cit.*, 11). »

Chez ce malade, les perversions gustatives étaient constantes. Mais, dans la plupart des cas, les perversions sont passagères. Elles se produisent soit spontanément, soit à l'occasion de l'ingestion des aliments qui semblent amers ou désagréables.

Un fait remarquable, relevé par KLIPPEL, est que ces troubles de l'état physique de la langue semblent indépendants de l'état des fonctions digestives. Un tabétique peut présenter les troubles les plus nettement accusés de la perversion gustative sans que l'on puisse constater rien d'anormal dans l'état de ses fonctions digestives.

KLIPPEL a constaté deux états de la langue corrélatifs avec les sensations subjectives d'amertume ou de terre accusées par les malades. Dans le premier état, la langue présente à son centre « un dépôt blanchâtre, non humide, laissant les bords intacts ». Cet état est, du reste, assez passager. Dans le second état, toute la surface de la langue présente une coloration blanchâtre ou grisâtre, mais sans dépôt. Les papilles restent apparentes, mais l'épithélium qui les recouvre semble épaissi; la bouche est sèche, le malade est altéré. Cet état de la langue dépend, selon KLIPPEL, du tabès; il peut être compatible avec de bonnes digestions. L'expression de *langue saburrale névropathique* semble donc légitime. Au point de vue psychiatrique, il faut se rappeler que ces illusions sensorielles évoluent parfois, lorsque le tabétique est affaibli intellectuellement, vers les interprétations délirantes, et qu'on les peut retrouver à la genèse de certains délires de persécution. C'est pourquoi il peut être utile de supposer un tabès caché dans certaines formes de persécution durant lesquelles l'aliéniste reste indécis.

Un des résultats des recherches de KLIPPEL est que la lésion des nerfs du goût s'accompagne de symptômes d'origine bulbaire. Chez le malade de KLIPPEL, dont nous avons déjà parlé, on relevait :

« 1° Des troubles de la déglutition avec parésie du voile du palais, répondant à la lésion du nerf facial et du nerf grand hypoglosse;

2° Une salivation d'intensité peu commune au cours du tabès, se produisant continuellement avec des exacerbations, causant par elle seule une déperdition considérable des forces du malade et impliquant la lésion des nerfs dont la fonction est la sécrétion salivaire;

3° Des troubles de la sensibilité dans la sphère du trijumeau caractérisés surtout par l'impossibilité de préciser le point où l'on opérait un contact avec la peau de la face (le malade indiquant par exemple la lèvre supérieure quand on le touchait au front);

4° Des paralysies permanentes des muscles moteurs des paupières.

Tous ces symptômes indiquent nettement le rôle joué par le bulbe dans ces processus morbides. De plus, il est à remarquer que les tabétiques alcooliques présentent beaucoup plus régulièrement des perversions de la sensibilité gustative que les tabétiques non alcooliques.

KLIPPEL examine ensuite la *marque des symptômes*. L'agueusie ou les perversions du goût peuvent se reproduire simultanément avec les troubles de la sensibilité caractérisant la première période du tabès. Parfois aussi, les troubles dont nous nous occupons ne se révèlent que beaucoup plus tard, souvent sans que l'on puisse préciser à quel moment le malade, accablé par tant d'autres affections, ne leur accorde pas d'attention. L'agueusie paraît alors généralement en premier; les troubles peuvent être soit continus, soit intermittents; ils revêtent le plus souvent cette forme intermittente.

Périodiquement (toutes les semaines, tous les mois, par exemple) le malade accuse un goût d'amertume, un goût de terre toujours désagréable. Ces troubles peuvent se produire à n'importe quel moment de la journée en dehors de toute ingestion d'aliments. Le goût de terre dure généralement une demi-journée; le goût *âpre*, que les malades définissent très difficilement, dure une dizaine de minutes. Les symptômes concomitants à ces processus morbides nous renseignent sur leur pathogénie. Rappelons qu'ils sont de deux sortes : ceux qui évoluent dans la sphère du trijumeau; paresthésies diverses de la face, engourdissement, crispation, fourmillements; ceux qui modifient l'aspect de la muqueuse; troubles trophiques de la langue.

Au point de vue de l'anatomie pathologique, KLIPPEL a eu l'occasion de faire l'autopsie d'un tabétique ayant présenté des troubles importants du goût et de l'odorat. Voici, brièvement résumé, le résultat de cette autopsie :

Les cordons postérieurs et les racines spinales présentaient les lésions caractéristiques du tabès, qui ne faisait, du reste, aucun doute. Le volume des glandes salivaires était considérablement augmenté; elles ont révélé des lésions inflammatoires du parenchyme glandulaire.

Du côté gauche, le tissu conjonctif du nerf glosso-pharyngien présentait un épaissement considérable. L'action de l'acide osmique révèle pour un petit nombre de fibres nerveuses un état de dégénérescence caractérisé par la fragmentation de la myéline. Un grand nombre de fibres, examinées selon la méthode de MARCHI, accusent des altérations pathologiques. La plupart sont plus grêles qu'à l'état normal. Le ganglion d'ANDERSCH présente des lésions remarquables. Les coupes histologiques préparées selon les méthodes de WEIGERT et de PAT montrent une atrophie de ce ganglion. De plus, le protoplasma cellulaire est occupé tout entier par de légères granulations qui masquent parfois entièrement le noyau; ce noyau est, du reste, fort grêle et souvent invisible. Les fibres qui se présentent à la coupe longitudinale du ganglion sont altérées de la même façon que le nerf. Les vaisseaux du ganglion sont pleins de sang; la sclérose est incertaine.

Les lésions du nerf olfactif ne nous intéressent pas. Elles sont surtout localisées dans le trajet nerveux du bulbe olfactif au cerveau.

Dans le trijumeau, les ganglions de GASSER, examinés suivant les mêmes méthodes, ont présenté cependant des lésions différentes du ganglion d'ANDERSCH. La plupart des cellules sont atrophiées; elles se forment parfois en groupes de trois ou quatre; elles présentent un corps festonné, allongé, couvert de granulations ocreuses, rendant le noyau invisible.

Toutes les cellules du ganglion ne présentent pas ces lésions qu'on trouvait éparses sous forme « d'îlots de cellules ». Le système vasculaire est très développé. La sclérose est certaine, mais assez légère. Les branches du nerf ne présentent pas de dégénérescence caractérisée.

Les lésions du bulbe rachidien se trouvent au niveau des noyaux grêles. Les noyaux des cellules ganglionnaires des nerfs moteurs sont atrophiés, ce qui montre nettement la généralisation des lésions du bulbe chez les tabétiques présentant des troubles gustatifs. Des stigmates de dégénérescence et d'atrophie ont été relevés sur les circonvolutions cérébrales, surtout sur les corps calleux, sur l'hippocampe, sur les frontales internes et externes, et sur les temporales.

De cet examen anatomique et pathologique, KLIPPEL conclut que, pour ce qui concerne la localisation périphérique ou centrale, tout le système de la sensibilité entre en jeu. La question ne peut donc être que de déterminer son siège dans la première période du processus morbide. KLIPPEL y répond en affirmant que, pour lui, comme pour d'autres auteurs, le tabès est « une maladie du téloneurone centripète ». Les nerfs du goût se rangent donc sous ce titre.

Une seconde question, plus importante, se pose : à savoir si, dans les troubles que nous venons d'examiner, les lésions des nerfs du goût jouent seules un rôle, ou si les altérations du nerf lingual, branche du trijumeau, suffisent à les déterminer?

KLIPPEL estime que, selon les cas, les troubles tabétiques de la gustation proviennent, soit de la lésion des nerfs de la sensibilité spéciale (nerf glosso-pharyngien), soit de la lésion des nerfs de la sensibilité générale de la langue, soit, ajoute-il, peut-être, des nerfs du sens musculaire. Examinons un instant, chacun de ces cas.

1^o La lésion du glosso-pharyngien, sans être nécessaire, est cependant suffisante. En effet, ce nerf est maintenant connu comme le seul dont dépende la sensibilité spéciale du goût (KLIPPEL). Or, même s'il y a anesthésie du trijumeau à la face, dans les cas où l'on constate que la sensibilité générale de la langue est intacte, lorsque l'on ne peut diagnostiquer la mauvaise nutrition de cet organe par le symptôme de la langue saburrale névropathique, lorsque les réflexes sont normaux, on doit attribuer les troubles examinés au nerf de la sensibilité spéciale, en dehors de toute participation du trijumeau.

2^o Les troubles de la gustation peuvent aussi dépendre d'une lésion des nerfs de la sensibilité générale altérant secondairement la fonction des nerfs de sensibilité

spéciale. Comment des lésions du trijumeau entraîneront-elles l'anesthésie du glosso-pharyngien ?

« Le trijumeau tient sous sa dépendance, dit KLIPPEL (*loc. cit.*, 23-24), en ce qui concerne l'organe du goût et de l'odorat : 1° la circulation des muqueuses correspondantes ; 2° la sécrétion de ces muqueuses ; 3° leur état trophique... *En un mot, le trijumeau est un nerf accessoire de l'olfaction et du goût qu'il peut abolir en troublant les fonctions circulatoires, sécrétoires et trophiques des muqueuses correspondantes.* »

Le trijumeau, atteint dans le tabès, peut donc provoquer à lui seul, et indirectement, des troubles de la sensibilité gustative.

3° Enfin la sensibilité musculaire peut jouer aussi son rôle dans la forme tabétique de la pathologie du goût. Il est à remarquer, en effet, que les malades accusent toujours des troubles provoquant des sensations désagréables, et jamais des sensations agréables. La sensation de dégoût, qui va dans certains cas jusqu'à la nausée et au vomissement, ne peut-elle être trouvée à la genèse des perversions que nous avons décrites ?

Il y a là au moins une hypothèse à retenir.

KLIPPEL conclut finalement que :

- a) Les troubles du goût (et de l'odorat) sont fréquents chez les tabétiques ;
- b) Qu'ils dépendent, soit d'une lésion du nerf de la sensibilité spéciale (glosso-pharyngien) ; soit d'une lésion de la branche du trijumeau dont dépend la nutrition de la muqueuse linguale ; soit même d'un trouble primitif de la sensibilité musculaire ;
- c) Qu'ils sont toujours associés, dans les cas très caractéristiques, à d'autres troubles d'origine bulbaire ;
- d) Les cas d'agueusie sont extrêmement rares, et ceux que divers auteurs ont publiés sont pour la plupart enregistrés sans aucun contrôle expérimental.

J'ai eu l'occasion d'examiner minutieusement un cas d'agueusie soi-disant complète (N. VASCHIDE. *Un cas d'agueusie. Bull. de laryngologie, otologie et rhinologie*, 30 mars 1903, VI).

Observation. — Une femme de 62 ans, en août 1900, a remarqué que son goût s'affaiblissait. La nourriture n'avait plus de goût ; la bouche avait un goût de sang, et, plus la perte du goût normal s'accroissait, plus le goût de sang prédominait sur toutes les sensations gustatives. Elle ne percevait le goût que par différence. L'odorat était resté excellent.

On lui a donné des dépuratifs et on accusait l'état mauvais de son sang. On lui recommanda, paraît-il, des inhalations. A cette époque, elle gardait encore, de chaque côté de la langue, deux régions sensibles ; elles étaient placées de chaque côté de la langue. Quelque temps après, elle perdit complètement le goût.

Tous les aliments ont actuellement le goût de l'eau de mer, mais plus salé encore, et en même temps, du sucre lui donne la sensation de l'amer. La bouche devient salée et âcre surtout à la suite de la digestion ; elle devient alors âcre et fade, sensation qui la gêne.

Elle sent et perçoit tout en tant qu'odorat : elle ne distingue pas de sensations gustatives différentes. La seule sensation qui accompagne les aliments, en dehors de la perpétuelle perception du goût amer-fade, c'est celle du froid ; quand elle mange, par exemple, des fruits, elle remarque, parfois, que c'est froid. La soupe lui paraît simplement chaude, et, comme sensation, elle n'accuse que celle de « l'eau de vaisselle ». Les sensations de « chaud » et de « froid » sont perçues distinctement par la malade et la guident vaguement dans la reconnaissance des mets.

Il lui est arrivé plusieurs fois de croire qu'elle avait recouvré le goût, notamment quand elle mange des fruits. Une fois, en avalant des groseilles, elle crut vraiment que le goût était revenu. L'odeur des fruits, les sensations olfactives, et parfois les images visuelles contribuaient à lui suggérer cette erreur ; car, il faut le dire, elle cherchait à se convaincre, faisant des expériences méthodiques pour arriver à consolider ou à rejeter les sensations perçues.

Retenons encore cette particulière observation ; quand elle avale doucement et qu'elle met du temps à mâcher, il lui arrive souvent d'accuser, au moment de la déglutition, une sensation gustative. « C'est l'arrière-gorge, nous disait-elle, qui me fait encore espérer que je pourrai sentir de nouveau. » Le goût des fruits, celui des plats

sucrés, la saisissent parfois, quoique d'une manière bien obtuse, et cela dans l'arrière-gorge; autrement « du sucre et du sel sont la même chose ».

Examen des fonctions organiques. — La malade se présente avec l'aspect caractéristique d'une mélancolique; elle est maigre, très peu musclée, et la parole laisse apercevoir un très léger embarras: sa marche n'est pas sûre et elle se fatigue bien vite.

Les réflexes patellaires sont presque abolis; celui du pied droit paraît complètement aboli; il en est de même pour les réflexes des membres supérieurs.

Les réflexes pupillaires sont sensiblement abolis; le papille est punctiforme, et réagit extrêmement peu et très lentement aux excitations lumineuses. Les mouvements des yeux sont parfaits, la vision binoculaire ne présente aucun trouble décelable.

Pouls normal: 78 à la minute. — Rien du côté des salives.

La sensibilité musculaire est précise; on peut déceler néanmoins quelques légers troubles de la localisation des excitations, de même que dans la fixité des attitudes musculaires.

L'ouïe est en bon état; l'examen otoscopique et celui des sensations auditives à l'aide des diapasons ne révèlent rien d'anormal; les quelques troubles, d'ailleurs très peu sensibles, dépendent sans doute de l'âge du sujet.

La sensibilité tactile est diminuée dans une mesure extrêmement restreinte; elle distingue toutes les excitations fortes, mais on remarque un léger retard dans la perception de ces excitations. En moyenne et d'une manière générale, on peut affirmer une légère hypo-esthésie, qui porterait davantage sur les membres supérieurs, le cou et sur le dos, particulièrement du côté droit.

Du côté de l'odorat, on peut affirmer une hypoesthésie notoire. L'examen, pratiqué avec l'*osmi-esthésimètre* TOULOUSE-VASCHIDE, nous a permis de noter les chiffres suivants:

Sensation.	Perception.	Nombre des odeurs reconnues.
4 p. 10 000	7 p. 10 000	7

Cela prouve que l'hypoesthésie est considérable, surtout quand on pense que les femmes accusent nettement les sensations olfactives pour des solutions de camphre dans la série de 3 à 6 p. 100 000.

La sensibilité tactilo-olfactive est également touchée; ainsi elle accuse pour l'ammoniacque une sensation pour des solutions aqueuses de 1 p. 1 000 et une perception pour des solutions de 1 p. 100; il en est de même et dans les mêmes proportions pour l'éther. Le degré de la précision des sensations était de 7/10, et 8/10 dans les deux cas d'examen.

L'examen du goût a été pratiqué avec le *guési-esthésimètre* TOULOUSE-VASCHIDE; des solutions décimales titrées, selon leur système de mesure, des substances sapides simples et dont la constitution chimique était bien définie, soit une série de dix substances sapides.

La malade confond le sucre avec le sel à l'état de poudre ou de solution à 1 p. 10; elle n'accuse aucune autre sensation dans les deux cas qu'une excitation tactile un peu obtuse. Elle distingue pourtant l'*acide* et l'*amer*; elle accuse pour l'acide une sensation, mais très confuse pour une solution aqueuse de 1 p. 100 et une perception pour une solution aqueuse de 1 p. 10; la sensation sapide de l'acide existe donc, mais elle est obnubilée, quand on pense que les sujets normaux accusent des sensations pour des solutions de 1 p. 10 000 et des perceptions nettes à 1 p. 1 000. L'amer est la sensation sapide la plus précise; elle est accusée surtout au moment de la déglutition qui est accompagnée d'une grimace de dégoût, lorsqu'on lui fait avaler une solution à 1 p. 10 de bromhydrate de quinine. Elle distingue une sensation d'amer précise pour une solution de 1 p. 100, et elle reconnaît, facilement et sans aucune hésitation, l'amer à une solution de 1 p. 10. Cette sensation n'est accusée que dans la partie postérieure de la langue et dans le pharynx, partie antéro-postérieure; le bout de la langue distingue avec difficulté l'amer à une solution de 1 p. 10. Il n'y a aucune différence appréciable entre les deux côtés de la langue.

La reconnaissance des substances sapides est nulle; elle en reconnaît quelques-unes,

mais grâce aux excitations olfactives. Autrement, le nez étant bouché, elle confond le camphre avec l'eau de fleur d'oranger et l'essence de menthe. Pourtant la menthe la pique un peu; le vinaigre, de même. Les substances qu'elle devait reconnaître étaient : l'eau de fleur d'oranger, l'eau de laurier-cerise, mélange aqueux d'essence-anis (1 goutte pour 30 centimètres cubes), mélange aqueux d'essence d'ail (1 goutte p. 30 centimètres cubes), solution aqueuse d'eau camphrée (1 p. 100), vinaigre, solution aqueuse de sulfate de fer (1 p. 200), rhum et huile.

Ajoutons encore que la sensibilité tactile de la langue est extrêmement obtuse; la malade n'accuse des sensations tactiles de la langue que lorsqu'on exerce des pressions fortes.

Des excitations avec des poids fins de l'*haphi*-esthésimètre TOULOUSE-VASCHIDE ne décèlent aucune sensation; il faut passer dans la série des poids lourds, centigrammes, décigrammes et grammes, pour remarquer des sensations nettement délimitées.

La malade constate aussi que parfois elle mord le bout de sa langue, et qu'elle ne souffre pas alors autant qu'auparavant. Elle est extrêmement inquiète de son état et examine méthodiquement les sensations qui accompagnent l'alimentation et de même celles qui doivent accompagner le goût d'un fruit ou celle d'une excitation buccale quelconque. Elle fait appel à ses souvenirs gustatifs; elle les a conservés, paraît-il, d'une manière précise. Parfois elle croit les reconnaître réellement, mais elle s'aperçoit bien vite que ce n'est qu'une illusion.

Il est inutile de dire que toutes ces recherches ont été faites en dehors de la connaissance du sujet, qui avait les yeux bandés.

En résumé, la malade paraît avoir des troubles sensoriels profonds et qui atteignent particulièrement, et *crescendo*, le tact, l'odorat et le goût. L'agueusie n'est pas aussi complète qu'elle le croit; la sensation de l'amer existe, de même que l'acide. Peut-être la présence de la sensation de l'amer est une des causes de la sensation d'amertume qu'elle a continuellement dans la bouche.

L'absence des réflexes patellaires, les troubles pupillaires, de même que les troubles sensoriels, nous conduisaient à croire que nous sommes peut-être en présence d'un tabès à forme fruste. L'hérédité de la malade, son passé clinique, le traitement ioduré, les maux de gorge qu'elle accuse avoir eus pendant son rhume, l'existence d'un mari alcoolique mort aliéné, confirment, quoique vaguement, le diagnostic suggéré par ses troubles sensoriels. Elle n'a pourtant pas le signe de ROMBERG, et l'état dynamique n'est pas sérieusement atteint. L'absence du goût nous paraît liée à ces troubles tabétiques, des auteurs ayant observé souvent des troubles gustatifs et olfactifs dans le tabès (KLIPPEL).

Au point de vue de la psycho-physiologie de la gustation, remarquons l'existence de la sensation de l'acide; ce serait une preuve qu'elle n'est pas à proprement parler une sensation spécifique, mais une sensation tactilo-gustative spéciale; perçue, en dehors de la gustation, par les dents, les gencives et le voile du palais.

L'observation de pareils cas est extrêmement rare, et, à notre connaissance, on pourrait compter facilement les cas publiés; encore ceux-là — trois ou quatre — font-ils partie, pour la plupart, des exposés cliniques généraux.

b) Les troubles du goût consécutifs des lésions des nerfs périphériques. — Nous avons longuement discuté ce point lors de l'analyse de l'innervation gustative, examinant les lésions du trijumeau, périphériques ou centrales. Les observations de ERB (1882), ARCHER (1878), ZIEHL (1889), SENATOR, MÜLLER, KRAUSE (1873 et 1895), GOWERS, etc.). Malgré les faits négatifs cités par GASSER et ceux de BURROWS, VOGT, ROMBERG, VIZIOLI, ALTHAUS, NIXON, CUSHING, les lésions du trijumeau entraîneraient des troubles de la gustation. Le dernier travail de CUSHING plaide dans le sens négatif (*John's Hopkins Hospital Bulletin*, 1904). Après extirpation du ganglion de GASSER pour des névralgies rebelles, le goût n'avait été guère modifié; à peine si se pouvait signaler une légère perturbation sur un ou deux tiers antérieurs de la langue.

Les lésions du *facial* ont été également analysées dans les mêmes chapitres. Les troubles gustatifs, dans la paralysie faciale, sont assez curieux pour que j'insiste davantage. Ils sont plus manifestes quand la lésion est placée au-dessus de l'origine de la corde du tympan. Les cas de BELLINGERI, CALDANI, NEUMANN, STICH, MORGANTI, CUZCO, VASCHIDE et MARCHAND, VASCHIDE et VURPAS, etc., sont démonstratifs à cet égard.

c) Les troubles gustatifs dus à des lésions des voies sensitives.

Les troubles gustatifs dus à des lésions des voies sensitives relèvent de lésions qui intéressent :

- 1) La base du cerveau, les ganglions de la base ;
- 2) Le bulbe ;
- 3) La protubérance annulaire ;
- 4) La capsule interae.

Les troubles gustatifs ont été constatés en dehors du tabès, dans un cas de *paralysie labio-glosso-laryngée*, par GRASSET (*Montpellier médical*, 1878, juin), dans des cas de *lésions bulbaires* (STEINER), etc. — les troubles sont alors très marqués ; — dans un cas d'*hémorrhagie de la protubérance*. Le goût est également aboli dans la *syringomyélie bulbo-spinale*. C'est encore la perte du goût, dans l'observation de SCHTSCHERBAK, perte produite par la destruction des fibres postérieures de la couronne rayonnante.

Les troubles les plus notoires sont dus à des lésions de la *capsule interne* ; ils sont toutefois mal définis. La littérature médicale compte pourtant quelques observations, sinon précises, au moins intéressantes à noter. Le segment postérieur de la capsule interne, et particulièrement son *tiers postérieur*, serait plus directement lié, selon GILBERT BALLE, à l'hémianesthésie sensitivo-sensorielle ; en d'autres mots le carrefour sensitif de CHARCOT. L'hémianesthésie dissociée, c'est-à-dire une hémianesthésie intéressant un sens spécial à la suite d'une lésion limitée de la capsule interne, est extrêmement rare. On sait qu'anatomiquement les fibres de la sensibilité spécifique passent par la partie la plus interne de la capsule interne (Voir LANG. *Les voies centrales de la sensibilité*. Thèse de Paris, 1899). DÉJÉRINE et son école ont combattu la doctrine du carrefour sensitif de CHARCOT, et ils ne la trouvent pas en rapport avec les données anatomo-histologiques contemporaines. Préciser des troubles agueusiques dans des lésions de la capsule interne, comme d'ailleurs dans toute affection cérébrale, est entièrement impossible. Dans toutes les hémianesthésies sensitivo-sensorielles, les troubles gustatifs sont en absolu désaccord avec les troubles des autres sensibilités ; on dirait qu'il s'agit de l'ébranlement d'un même et unique processus. Comme les fibres gustatives suivent un même trajet que celles de la sensibilité générale, elles s'arboriseraient dans la partie postéro-inférieure du thalamus (noyau externe), avant de se rendre au centre cortical du goût.

d) Les troubles gustatifs dus à des lésions cérébrales. — La physiologie, de même que l'anatomie, nous fournit à peine quelques vagues données sur la localisation d'un centre cortical du goût. Les agueusies gustatives sont extrêmement mal analysées (V. NONOT. *Les agueusies. La cécité psychique en particulier*, F. Alcan, 1899). Toute lésion cérébrale qui attaquerait le centre cortical gustatif provoquerait une hémiaagueusie croisée. Voici quelques conclusions données par ces divers auteurs.

L'agueusie serait constatée dans les lésions attaquant :

La base du crâne.	{ PELTIER (<i>Mouv. médical</i> , 1872).
	{ NOTHNAGEL.
La partie antérieure de la première circonvolution temporo-sphénoïdale,	{ GLYNN.
et s'étendant jusqu'à la base du crâne.	

La partie moyenne de la circonvolution de l'hippocampe... tous les auteurs classiques.

Le noyau lenticulaire gauche, l'avant mur et une grande partie des circonvolutions de l'insula. Destruction presque totale du lobe sphénoïdal	{	Cas de VAN GEUCHTEN (<i>Un cas de tumeur cérébrale avec autopsie : Soc. Belge de Neurologie</i> , 24 février 1900).
BECHTEREW (<i>Les voies de cond.</i> , Tr. fr., p. 684)		Aucun trouble gustatif : destruction de deux cornes d'AMMON et des régions temporales voisines.

Pour les faits *négatifs*, notons que les auteurs n'ont constaté aucune perturbation gus-

tative, malgré des lésions circonscrites dans la circonvolution de l'*hippocampe* et de la *corne d'AMMON*.

BOUCHAUD (*Soc. Neurol.*, 6 février 1902. *Revue Neurol.*, 1902, p. 119) } Aucun trouble gustatif : destruction du pôle sphénoïdal et de la région de l'*hippocampe* dans les deux hémisphères.
 BARTELS (*Archiv f. Psych. u. Nervenkrankheiten*, 1902, p. 326). } Aucun trouble gustatif : myxosarcome du lobe temporal gauche; la corne d'*AMMON* également prise.

GRASSET, examinant au point de vue clinique l'appareil central du goût, incline à conseiller de s'appuyer sur les faits positifs, parce que les cas négatifs ne sont jamais démonstratifs; car on n'est jamais sûr, d'abord, qu'il n'a pas persisté quelque parcelle du centre qui paraît détruit, et ensuite qu'une suppléance ne s'est pas établie par les parties voisines, spécialement dans les lésions à marche lentement progressive (J. GRASSET, *Les centres nerveux*. Baillière, 1905, 504).

Des troubles de la sensibilité gustative peuvent être déterminés encore, soit par les *malformations congénitales* du cerveau, soit par des *maladies diffuses de l'écorce cérébrale*.

Dans la *paralysie générale* } Diminution ou abolition, même au début, d'après J. VOISIN (*Traité de paralysie générale*. Baillière, 1879, p. 419);
 HERMANN (*Obozrenie psichiatrie*, 1899);
 DE MARTINES (*Recherches sur les troubles du goût et de l'odorat dans la paralysie générale progressive*. *Revue médicale de la Suisse romande*, 20 août 1900, p. 405 et 409) : cet auteur a constaté 21 cas sur 22 malades, pour le salé surtout.

Les troubles gustatifs sont, dans ces cas pathologiques, liés intimement avec ceux de l'odorat.

On observe les mêmes troubles gustatifs dans les *malformations congénitales*, chez les *idiots*. Selon J. VOISIN, les idiots mangeraient, sans choisir, tout ce qui tomberait sous la main : des cailloux, de la terre, des cataplasmes, etc. (*L'Idiotie*, F. Alcan, 1893, 131).

Dans l'*épilepsie*. } Obnubilation du goût après les crises paroxystiques dans 10 cas sur 20 malades, trouvée par FÉRÉ (*Les épilepsies et les épileptiques*, Alcan, 1890, p. 123). — FÉRÉ, BATIGNE et OUVRY (*B. B.*, 1892).
 Une diminution de la sensibilité pour les saveurs salées et sucrées, selon HERMANN. L'obnubilation persiste chez deux malades plus d'une heure après la crise.
 AGOSTINO observe le même fait qu'HERMANN et FÉRÉ (*Sulle variazioni delle sensibilita generale, sensoriale e riflessa negli epilettici nel periodo interparossistico e dopo le convulsione*. *Riv. sper. di Freniatria*, xvi, 36).

Des idiots ne distinguent pas le sucré de l'amer, et l'hypergueusie serait extrêmement rare. D'ailleurs l'hypergueusie se rencontre souvent dans toutes les affections de la sensibilité gustative.

D. MATTEI, examinant le sens du goût chez des enfants dégénérés, et comparant leur capacité mentale au degré de leur dégénérescence par l'examen de leurs stigmates, constate qu'il n'y a aucun rapport entre la dégénérescence et l'acuité gustative.

Chez les aliénés, à mon avis, il serait téméraire d'accuser anatomiquement des troubles objectifs de la gustation, quoique MINGAZZINI ait trouvé qu'ils présentent souvent une abolition complète de la gustation, ou une sensible diminution; la fréquence des troubles pour les saveurs fondamentales pourrait être classée dans l'ordre suivant : le sel, l'acide, l'amer, et, en dernier lieu, le doux (*Archivio di Psichiatria, Scienze penali ed Antrop. Crim.* xv, II, 1894).

D'ABUNDO signale le cas d'une agueusie héréditaire, due probablement à une anomalie du développement du centre cortical du goût (1894).

Dans la catégorie des troubles gustatifs objectifs, citons les troubles gustatifs des *névropathes*, et particulièrement ceux des *hystériques*. LICHTWITZ (*Les anesthésies hystéri-*

ques des muqueuses et des organes des sens et les tares hystériques des muqueuses. Thèse de Bordeaux, 1881) a trouvé très fréquent ce stigmate chez les hystériques : dix cas sur 11 malades. L'hémiagueusie et l'hyppogueusie sont plus fréquentes que l'abolition totale gustative; le côté gauche de la langue est plus souvent atteint, et l'hyperesthésie reparait, franchement limitée à la ligne médiane de la langue. Le tiers postérieur de la langue serait, selon LICHTWITZ, une région toujours plus ou moins sensible; la sensibilité persisterait plus souvent. On constate encore dans l'hystérie de l'*hypergueusie*, ou des *monoguesies*, des abolitions partielles de la gustation limitées à une seule saveur, ou encore cette insensibilité peut être circonscrite à une certaine région de la muqueuse linguale. Il me semble toutefois bizarre que LICHTWITZ ait pu faire de telles constatations sur des malades complètement hémi anesthésiques, et qui pouvaient encore goûter les substances déposées sur le voile du palais et sur la joue, et par exemple percevoir le sel sur le bord gingival gauche, l'acide et l'amer avec la muqueuse de la joue gauche. Physiologiquement, il me semble qu'il s'agirait des impressions généralement gratuites des hystériques; car la topographie de la sensibilité gustative et les observations des expérimentateurs nous indiquent des données tout autres. Je conçois parfaitement la persistance de la sensibilité pharyngienne dans un troisième cas, où le malade percevait, à ce niveau seulement, les saveurs sucrée, salée et acide. Mais attribuer ce fait à la sensibilité gustative semble, à moins d'autre preuve, une des nombreuses fantaisies que les partisans de théories physiologiques de l'hystérie enregistrent avec crédulité toutes les fois qu'ils veulent expérimenter. Les hystériques perdraient même, selon LICHTWITZ, la sensibilité gustative du courant électrique. Dans six cas, il a constaté une diminution ou une abolition du champ gustatif électrique; le champ du goût électrique, à la suite de l'examen bipolaire des malades, étant identique au champ gustatif pour les substances sapides, ou plus petit. Enfin, selon cet auteur, il n'y a le plus souvent aucune relation entre l'anesthésie spéciale et l'anesthésie générale. GILLES DE LA TOURETTE, et quelques autres auteurs, nient ce fait. Selon GILLES DE LA TOURETTE (*Traité clinique et thérapeutique de l'hystérie*, 1891, 3-101), il faut croire au contraire que l'anesthésie générale domine toujours l'anesthésie spéciale : cette dernière se superpose pour le goût comme pour toutes les autres sensations.

LICHTWITZ ne fait que confirmer d'ailleurs les recherches de A. PITRES (*Leçons cliniques sur l'hystérie et l'hypnotisme*, 1. 1891, 87). Quand l'anesthésie est générale, les malades ne perçoivent guère les saveurs; quand elle est limitée, les malades ne s'en plaignent guère. « La gustation se fait alors par les points de la muqueuse qui ont conservé leurs propriétés physiologiques, et il faut un examen attentif pour découvrir et limiter les plaques d'anesthésie gustative. » (PITRES., 87.) Certaines hystériques éprouvent du plaisir à boire du vinaigre ou à introduire dans leur alimentation des substances dont le goût ne paraît pas agréable aux personnes bien portantes. PITRES fait remarquer aussi l'existence des *perversions* de la sensibilité gustative chez les hystériques : certaines saveurs seraient perçues autrement que par les personnes normales. Une de ces malades accusait à une solution de sel marin un goût âcre, différent de la saveur salée bien connue.

Selon PITRES, ces diverses anesthésies hystériques sont dictées par l'inertie fonctionnelle de certains centres. Je m'associerais davantage à l'opinion de PIERRE JANET, qui explique les anesthésies hystériques par un affaiblissement de l'attention, par un état notoire de distraction sensorielle.

Les *criminels* et les *prostituées* auraient une sensibilité gustative diminuée, selon certains auteurs. Ainsi LOMBRoso et FERRERO trouvent 15 p. 100 de femmes criminelles ayant une sensibilité gustative très fine; elles perçoivent 1/500 000 de strychnine, tandis qu'on trouve pareille sensibilité dans 50 p. 100 des cas normaux; 10 p. 100 des normales se montrèrent, selon leur méthode, très obtuses : 20 p. 100 des criminelles; et 30 p. 100 des prostituées (1 p. 100 de strychnine).

M^{me} TARNOWSKY, citée par ces auteurs, trouve que 20 p. 100 des criminels homicides et des voleurs, et 4 p. 100 des prostituées, ne distinguaient aucune des solutions : amère, douce et salée, employées pour l'examen du goût; ce qui ne s'était jamais vérifié chez les normales; le goût salé était sujet aux plus grandes erreurs (C. LOMBRoso et G. FERRERO. *La femme criminelle et prostituée*. Trad. fr., 1896, Alcan), NORWOOD EAST, examinant le

rapport du sens moral avec les troubles physiques, étudie aussi les criminels au point de vue de la discrimination sensorielle, comparativement à 10 sujets normaux. Il emploie, pour l'examen de la sensibilité gustative, des solutions de 5, 10, 20, 50, 60 et 80 gouttes de glycérine pour une once d'eau. On procédait à l'examen sensoriel par la gustation des solutions les plus faibles. Il n'examina que la sensation gustative du sucre à cause de son analyse psycho-sensorielle plus facile (*Physical and moral Insensibility in the Criminal. The Journal of Mental Science*, oct. 1901, 737); on examinait la sensibilité gustative en appliquant sur la langue une baguette de verre, soigneusement lavée chaque fois, nettoyée dans la solution respective.

On a obtenu les chiffres suivants pour la gustation; les sujets sont divisés en trois groupes dans toutes ses recherches :

	NOMBRE DE CAS	GOUT
Criminels de hasard	13	2,384
Criminels d'occasion	52	3,115
Criminels de profession	35	3,171

La sensibilité générale est en outre de moins en moins délicate à mesure qu'on se rapproche du criminel de profession.

Si l'on compare les criminels instruits et les criminels illettrés, on constate que les différences sont extrêmement légères, et que pourtant le goût est plus délicat chez le criminel instruit.

Criminels instruits	2,571
Criminels illettrés	2,965
Médecins	1,15

Dans une autre série de recherches, on examine la mesure de la sensibilité, par rapport à la nature du crime, en classant les criminels selon le crime commis; on trouve dans la liste des crimes, toutes les formes des délits criminels, à partir du vol avec effraction jusqu'aux crimes d'incendie. Il y aurait un rapport assez déterminé entre la désignation du crime et la sensibilité sensorielle des criminels.

Le fameux « Vampire du Muy » avait le goût tout à fait aboli : il ne distinguait pas le salé du sucré, et il mangeait toutes les choses les plus abjectes (A. ÉPAULARD, *Examen du nécrophile*, dit « Le Vampire du Muy », *Archives d'Anthrop. criminelle*, 1901, n° 98).

Pour finir avec la liste des troubles des sensations objectives, citons encore les modifications provoquées par les maladies infectieuses graves. Ainsi ROCKWELLS avait constaté l'abolition complète du goût à la suite d'une grippe chez une femme, et l'agueusie dura pendant deux mois (*Un cas de perte complète et prolongée des sens du goût et de l'odorat, The Medical Record*, 1881, janvier, 120).

Un trouble assez fréquent chez les névropathes est l'association des sensations visuelles avec les sensations sapides, trouble analogue à l'audition colorée. CH. FÉRÉ (*La vision colorée et l'équivalence des excitations sensorielles. B. B.*, 14 novembre 1891, 763) cite, le premier, le cas d'une anorexique qui avait associé au vinaigre la sensation du rouge, qui devenait persistant pendant de longues minutes, et apparaissait immédiatement après l'ingestion buccale. SOLLIER publie un cas semblable (*Gustations colorées, B. B.*, 1891, 763); son malade, un syphilitique neurasthénique, avait associé ses éructations avec des sensations de couleur. Il avait des éructations vertes, qui lui rappelaient le cadavre et qui évoquaient en même temps un goût cadavérique : il avait aussi des éructations jaunes ou violettes. Le malade se figurait pourtant ne pas sentir la sapidité des aliments.

Cette association s'expliquerait par une association psycho-mécanique, par une irradiation sensorielle et pathologique; car nous ne la trouvons pas chez les névropathes.

Puisque nous parlons des névropathes, voici l'observation détaillée que j'ai publiée sur une malade extrêmement intéressante (N. VASCHIDE. *Contribution à la psycho-physiologie de la cavité buccale. Bulletin de Laryngologie, Otologie et Rhinologie*, 1903, VI, 1^{er} trimestre, 30 mars).

« Elle sent le goût des aliments, mais à peine, et infiniment moins que par rapport au passé. La bouche est pâteuse, toujours sèche, quoiqu'elle n'ait pas soif. Elle a la sen-

sation d'une bosse dans le palais. Des élancements traversent toute la cavité buccale, et ils se localisent surtout dans les gencives : elle a des picotements dans le nez et dans les lèvres. Elle ne sent pas les odeurs. Elle rend ce qu'elle mange, et n'a pas faim ; une haleine forte s'exhale de sa bouche ; elle a connaissance de cette haleine, et elle remarque qu'elle sent encore plus mauvais après les repas. Le matin elle se réveille avec cette gêne qui la tourmente.

« Elle ne dort pas, et elle fait tout pour dormir ; sa bouche la préoccupe continuellement. Elle croit n'avoir que peu de salive dans la bouche, en effet elle n'en a que très peu. La salive qu'elle a lui semble piquante. La langue la pique sur le milieu. Quand elle mange, il lui semble continuellement avoir des grains et de la farine dans la bouche. Elle éprouve continuellement la sensation d'avaler la salive. Elle juge étranges ces sensations ; et ses souffrances sont si atroces qu'elle pleure à l'idée que cela pourrait continuer ainsi. »

L'examen de la malade nous a révélé la physionomie nette d'une névropathe. Aucun trouble organique, ni dans la sensibilité générale, ni du côté des sens. Audition et vision bonnes ; sensibilité musculaire parfaite. Le tact est normal sur toute la surface du corps ; nous n'avons pas pu distinguer des stigmates ou des zones sensorielles pathognomoniques.

L'odorat existe, quoique sensiblement diminué, encore que la malade affirme ne sentir rien. Nous avons pu obtenir avec l'*osmi-esthésimètre* TOULOUSE-VASCHIDE, les chiffres suivants :

SENSATION.	PERCEPTION.	NOMBRE DES ODEURS reconnues.
—	—	—
4 p. 10 000	6 p. 10 000	6

ce qui confirme l'existence d'une hypoesthésie notoire. Il est à remarquer que cette hypoesthésie est plus grande pour la narine gauche, qui accuse une sensation à 6 pour 10 000, au lieu de 4 pour 10 000 pour la narine droite.

La sensibilité tactilo-olfactive est perçue presque normalement, avec de légères différences : l'éther perçu, à 1 pour 1 000, et l'ammoniacque au même titre.

La sensibilité gustative, mesurée avec le *guësi-esthésimètre* TOULOUSE-VASCHIDE, révèle l'état suivant :

	SENSATION.	PERCEPTION.
	—	—
Salé	1 p. 100	3 p. 100
Amer	1 p. 10 000	1 p. 1 000
Doux	1 p. 100	1 p. 10
Acide	1 p. 100	1 p. 10

ce qui veut dire que la sensibilité gustative est à peu près normale, quoique légèrement hypoesthésique : la sensation gustative acide semble la plus atteinte.

Si la sensibilité gustative est presque normale, la sensibilité tactile de la bouche est nettement hypoesthésique, le palais est tout à fait anesthésique, la langue sensiblement hypoesthésique, les gencives, le plancher de la bouche et la partie moyenne et antérieure de la langue, de même. Les piliers du gosier et le voile du palais sont pourtant très sensibles : même plus que d'habitude. On remarque encore, sur la langue, des régions plus sensibles que les autres. Ainsi, au dos de la langue, sur une surface de 1 centimètre carré, nous avons pu constater deux points anesthésiques et cinq points hypoesthésiques par rapport à la sensibilité générale. Il existe, au milieu de la langue, précisément au point où elle accuse des picotements, une zone d'environ 3 millimètres carrés qui est nettement anesthésique.

Pour la reconnaissance des substances sapides, elle a une certaine facilité ; elle a reconnu 8 sur 10, ce qui est tout à fait l'état normal : elle a même décelé une goutte de l'huile déposée sur la langue. Elle a reconnu l'ail, la menthe, le vinaigre, le camphre, la fleur d'oranger, le sulfate de fer, le rhum et l'huile.

En résumé il s'agirait d'une névropathie localisée particulièrement dans la cavité buccale. L'attention du sujet étant portée vers les sensations de la cavité buccale, elle est saisie par des troubles plus ou moins complexes des sensations tactilo-gustatives, et,

gênée par son râtelier, elle greffe tout un système d'ennuis et de douleurs à la suite d'une forte secousse émotive. Le terrain névropathique était préparé pour l'éclosion de pareils troubles. Ce qu'il y a de vrai dans l'interprétation de ces douleurs hypochondriaques, c'est l'hypoesthésie tactile de certaines régions de la cavité buccale et l'anesthésie des autres. Or, si l'on se souvient bien de la description des douleurs, on remarquera que ces zones font partie de son système d'interprétations douloureuses : le palais, qui est anesthésique, lui donne la sensation d'une bosse, et le milieu de la bouche est l'endroit où elle accuse des picotements. Or c'est précisément là qu'il existe une zone anesthésique. La malade remarque ces sensations, mais elle les interprète mal.

Nous connaissons très peu d'observations d'hystérie *buccale*, si l'on peut s'exprimer de la sorte, et il est curieux que la bouche, organe aussi délicat et compliqué que possible, et qui s'impose à plus d'un titre à l'attention du sujet, ne fixe plus leur analyse pathologique.

II. Les troubles subjectifs de la gustation. — On peut distinguer trois catégories des troubles subjectifs de la gustation :

- a) Les illusions gustatives;
- b) Les hallucinations gustatives;
- c) Les perversions gustatives.

a) Les illusions gustatives sont des interprétations fausses de sensations réellement perçues, où la subjectivité entre donc en jeu, d'une manière directe et active.

Les aliénés, particulièrement les mélancoliques et les persécutés, accusent des illusions gustatives. Les persécutés se méfient des aliments, et ils ont peur d'être empoisonnés, mais il s'agit plutôt d'une idée fixe, d'une phobie, que d'une réelle illusion gustative. Des mélancoliques qui accusent de pareilles illusions ne me paraissent non plus exprimer la sensation concomitante; l'analyse des sensations gustatives étant faite dans un état de distraction notoire, l'interprétation est d'autant plus fausse que les excitants ne sont pas francs. Dans le travail publié avec VURPAS sur l'*Analyse mentale morbide* (1 vol. 1894, Rudeval), j'ai insisté sur le rôle capital, fondamental même, de l'analyse mentale, dans toutes nos constructions et nos systématisations psychiques.

D'après certains aliénistes, les illusions gustatives des aliénés seraient des troubles réels objectifs, produits par des troubles organiques, particulièrement par la mauvaise digestion. L'absence d'une hygiène de la bouche, l'attention vague accordée à la nourriture, contribuent à faire de la cavité buccale une source de saveurs indéfinies, des sensations prédominantes, obsédantes, et qui empêcheraient la perception réelle et exacte des saveurs. On sait à quel point la langue des aliénés est saburrale, blanchâtre et épaisse, comme leur haleine est désagréable, et leur salive visqueuse.

D'après JOFFROY et HANOT, les illusions gustatives se rencontreraient aussi dans les affections bulbaires. Leur malade accusait une sensation franchement amère pour tout ce qui était sucré (*Accidents bulbaires à début rapide chez les ataxiques. Congrès d'Alger*, 1881). De nombreux tabétiques accusent également de pareilles illusions gustatives.

Dans l'hypnose et la suggestion, les illusions, de même que les hallucinations, sont très faciles à évoquer. Les substances les plus amères sont bues avec délice, et les médicaments les plus désagréables au goût passent comme inaperçus. BERNHEIM composait des breuvages avec de l'eau ou du vinaigre en guise de vin, et un crayon dans la bouche faisait l'office d'un cigare (H. BERNHEIM, *De la Suggestion*, 1891, 44). CHARLES RICHET, composait des breuvages odieux, quoique inoffensifs, mélange d'huile, d'encre, de café, de vin : « et les malades endormies se disputaient ce ragoût détestable, dès que je leur avais annoncé que c'était de délicieux chocolat » (*L'homme et l'Intelligence*, 182). Dans l'expérience de tous ceux qui ont étudié l'hypnotisme et la suggestion, ces exemples peuvent se multiplier indéfiniment.

b) Les hallucinations gustatives sont provoquées, selon les auteurs, soit par l'irritation des centres nerveux, soit par l'irritation de l'organe sensoriel. Il me semble pourtant qu'aucune des théories de l'hallucination n'explique réellement ces étranges phénomènes psychiques; mais ce n'est ici la place pour les discuter. Remarquons pourtant qu'en pratique il est extrêmement difficile, sinon impossible, de distinguer les hallucinations centrales des hallucinations périphériques, surtout quand il s'agit de formes

unilatérales, et chez les aliénés. Je ne conçois guère comme démontrée la théorie de l'irritation corticale pour expliquer les états hallucinatoires ; l'analyse psychologique de ces états implique toute une autre explication. On aura beau citer des cas avec des lésions circonscrites : ne sait-on pas à quel point ces circoncriptions sont vagues, et combien les constatations pathologiques sont globales, surtout pour les troubles sensoriels spécifiques ?

BAZIRE avait remarqué, chez un sujet atteint de paralysie faciale, une hallucination gustative métallique dans la moitié respective de la langue (*Brit. med. Journal*, 1867, 21 septembre) ; l'hallucination avait fait apparition un peu avant l'accident paralytique. MAROTTE a publié un cas analogue : des hallucinations gustatives vagues, plutôt sucrées, concomitantes avec l'apparition des bourdonnements des oreilles et une névralgie temporale du côté respectif (*Névralgie accompagnée d'un goût sucré dans la bouche. Union médicale*, VII). CH. FÉRÉ nous donne l'observation d'une hallucination gustative — un goût de poisson prononcé — dans un cas de zona de la face, joue gauche, apparition parallèle avec celle des plaques érythémateuses (*Note sur un cas de zona de la face avec hallucination du goût et hallucination unilatérale de l'ouïe chez un paralytique général. B. B.*, 3 juin 1899). PIERRE MARIE a constaté des hallucinations gustatives chez les tabétiques, « des saveurs bizarres, une saveur sucrée plus ou moins persistante » (*Ouvr. cit.*, p. 216).

Les fièvres graves sont souvent accompagnées d'hallucinations gustatives obsédantes plutôt indéfinissables : un mauvais goût d'amertume dans la fièvre typhoïde, malgré l'hygiène la plus soignée de la bouche.

Certaines substances toxiques provoquent des hallucinations gustatives. WERNICKE rapporte deux observations de la présence d'un goût d'amertume à la suite d'injections sous-cutanées de morphine ; l'hallucination apparut dans un cas dix secondes après dans l'injection (*Arch. für Psych.*, 1896, VII). Pour ROSE, la santonine produirait des hallucinations gustatives ; le fait a été d'ailleurs souvent contrôlé, et il me paraît exact. La sensation hallucinatoire n'est guère définie : c'est un mélange de « mauvais goût », et d'un « goût d'amertume ».

Les hallucinations gustatives des aliénés se confondent souvent avec les illusions gustatives. Elles se rencontrent fréquemment dans les délires mélancoliques, où les malades accusent des sensations fétides, des saveurs affreuses, ou encore chez des persécutés qui trouvent des saveurs bizarres dans tous les aliments : on veut les empoisonner ; dans n'importe quelle substance alimentaire ils trouvent de l'arsenic, du soufre, des matières putrides, etc. Chez certains aliénés, les auteurs ont constaté, particulièrement chez les paralytiques généraux, des hallucinations gustatives très agréables. Pour ma part, je ne les ai pas remarquées chez les paralytiques généraux ; leurs affirmations ne doivent être prises en considération qu'après de nombreuses expériences. Il y a tout au plus des phases agréables, ou des excitations déprimantes de leur sensibilité, et ils font rentrer toutes les illusions et les hallucinations dans leur cadre mental. Les auteurs invoquent, pour expliquer les hallucinations gustatives, des lésions du cortex. L'opinion est trop classique pour ne pas être citée, même si elle n'est pas solidement démontrée. Un auteur italien (TOMASSINI, 1896) a publié le cas d'une mélancolique qui éprouvait la sensation hallucinatoire du sucré, et à tel point qu'elle avait des nausées. La malade examinée avait une hyperesthésie pour les saveurs sucrées et de l'hypoguesie pour l'amer, pour l'acide et pour le salé. Après dix jours de traitement, anesthésie de la muqueuse linguale avec une solution d'acide gymnémique, les hallucinations disparurent. Selon l'auteur, dans ce cas, les hallucinations auraient eu comme cause initiale des troubles périphériques.

c) Les perversions et les aberrations sensorielles gustatives sont les plus fréquents des troubles gustatifs.

Les aberrations gustatives chez les animaux sont connues, et les vétérinaires en donnent de nombreux exemples. Serions-nous pourtant en face de réelles perversions sensorielles, ou devant un goût préféré et réellement perçu par des animaux ? Les psychologues des animaux sont, pour la plupart, si peu psychologues, ou si suggestionnés par la continuité des fonctions psycho-biologiques dans l'échelle organique, que presque toutes leurs observations sont empreintes d'une systématisation souvent grossière.

On raconte couramment que des animaux mangeraient de la terre glaise (les loups, les porcs, etc.).

Chez certains sauvages, ces perversions de goût ne prennent-elles pas la forme des habitudes coutumières ?

Les aberrations gustatives se trouvent chez les femmes enceintes, et moins souvent chez les chlorotiques, chez les neurasthéniques. Elles sont nombreuses aussi chez les hystériques et chez les aliénés.

Chez les femmes enceintes les perversions gustatives sont presque un trouble symptomatologique. L'*envie* des femmes en état de gestation est le terme qui désigne chez elles le plus souvent les perversions gustatives. Les anciens connaissaient ce fait, et la littérature est pleine d'anecdotes et d'exemples, dans lesquels les femmes enceintes mangeaient les substances les plus répugnantes pendant la gestation. Elles ne pouvaient pas dominer leurs impulsions, et ingéraient alors des substances nauséabondes. RODRICK DE CASTRO cite l'observation, qu'on trouve d'ailleurs un peu partout, d'une femme enceinte qui aurait eu envie de l'épaule d'un boulanger (*De universali mulierum medicina*. Hamburg, 1603). LANGIUS rapporte le cas, classique aussi, d'une femme qui tue son mari, le goûte, le mange en partie, et elle sale le reste du corps (*Opera omnia*, 1704). La plupart des femmes ont des envies simples, des goûts pour les écrevisses, le papier d'imprimerie, les fruits crus, les mets préparés d'une manière plus ou moins étrange, ou encore des boissons alcooliques. On a vu même des cas où de simples désirs se transforment en de vraies impulsions. Distinguons néanmoins les envies des femmes enceintes, avec hallucinations gustatives banales, symptomatologiques, de ces hallucinations impulsives qui sont pour la plupart des syndromes d'aliénation mentale. Je considérerai au moins comme tel le cas de cette jeune fille cité, je ne sais pas où, par LASÈGUE, laquelle dévora une partie de la redingote de son professeur de dessin.

Parmi les perversions du goût citons les affections nommées : *pica* et *malacia*, la première de ces affections, comme l'indique bien son nom (*pica* = pic; oiseaux omnivores) quand les sujets absorbent sans aucun choix tous les aliments, tous les corps qui tombent sous leurs mains, comme cela se rencontre assez souvent chez les idiots, chez les imbéciles et surtout chez les aliénés. Le *malacia* (*malacia* = mollesse; défaut d'appétit) indique les cas où les sujets mangent des substances sapides insolites et qu'ils préfèrent à de vrais aliments; ainsi ils mangent du sel, du poivre, du vinaigre, des fruits verts. On rencontre ces troubles pendant la puberté et chez des névropathes, chez des chlorotiques. Ces troubles peuvent conduire les sujets à des systématisations, véritables monomanies gustatives. Au point de vue du diagnostic, les perversions gustatives constituent toujours un phénomène grave. Les dentistes le savent, et ceux avec qui j'ai pu causer m'ont confirmé l'observation personnelle que toutes les personnes qui accusent des hallucinations gustatives persistantes sont des névropathes difficiles à guérir et qui s'acheminent pour la plupart vers des troubles mentaux, comme le délire mélancolique, et vers le délire de persécution. Toute affection psycho-pathologique de la bouche semble comporter toujours un pronostic des plus sérieux au point de vue de la mentalité du sujet (V. *Analyse mentale*, par VASCHIDE et VURPAS).

Rappelons encore que les hallucinations et les perversions gustatives jouent un rôle considérable dans la vie sexuelle; les érotomanes cherchent les perversions gustatives spéciales : ils les provoquent de mille manières, et chez eux c'est une obsession presque typique. Les hallucinations sont mêlées le plus souvent avec des hallucinations olfactives, et il se forme un état sensuel des plus étranges, s'il est permis de considérer comme étranges les sensations qui constituent l'excitation mentale sexuelle.

Pourtant JEAN-JACQUES ROUSSEAU avait dit : « Je ne connais qu'un sens aux affections duquel rien de moral ne se mêle : c'est le goût. »

XIV. — RECHERCHES A FAIRE SUR LA GUSTATION.

Pour faciliter les recherches des expérimentateurs, je crois qu'il serait utile de donner, toutes les fois qu'on rédige une revue générale d'une question, une liste des sujets à traiter expérimentalement.

Pour le goût, il y a beaucoup à faire, surtout au point de vue de la psycho-physiologie. Voici quelques-unes des questions les plus intéressantes à étudier.

- a) La physiologie de la corde du tympan.
- b) Le rôle dans la gustation du nerf intermédiaire de WRISBERG.
- c) Le rôle du facial et l'examen de la sensibilité gustative dans les paralysies faciales, périphériques ou centrales et dans des névralgies opérées chirurgicalement.
- d) Le rôle de l'hypoglosse dans les paralysies intéressant l'origine centrale et le trajet de ce nerf.
- e) L'histologie de la langue, au point de vue de la constitution différentielle des papilles; examiner minutieusement et comparativement la muqueuse de la cavité buccale accusée comme capable de percevoir une sensation gustative. Étudier histologiquement les terminaisons nerveuses dans leurs rapports avec des excitations spécifiques des saveurs fondamentales.
- f) Le centre cortical du goût.
- g) Les voies sensitivo-sensorielles de la gustation.
- h) Le mécanisme de la gustation.
- i) La nature chimique des saveurs.
- j) La classification des saveurs et l'analyse psycho-physiologique des saveurs.
- k) L'analyse de la sensation gustative.
- l) La psycho-physique des sensations gustatives.
- m) Le temps de réaction des sensations gustatives, réactions simples et de choix.
- n) La détermination de la limite perceptible des différentes saveurs.
- o) L'évolution de la sensation gustative dans l'individu et dans la race.
- p) Les anesthésies gustatives.
- q) Les hallucinations et les illusions gustatives, la compensation des saveurs, le contraste des saveurs et leurs combinaisons ou mélanges.
- r) Enfin, l'image gustative, la mémoire des saveurs, le souvenir, et toute l'élaboration mentale des images gustatives.

Bibliographie. — Jusqu'à 1806. — ALBINUS. *Academicarum Annotatium*, Leyde, 1754, Lib. I, 58. — J. H. E. AUTENRIETH. *Handbuch der empirischen menschlichen Physiologie*, III, Tübingen, 1802. — BLUMENBACH. *Institutiones physiologiæ*, Göttingen, 1787. — CALDANI. *Institutiones de physiologie et de pathologie* (2^e édit.), Padoue, 1793, vol. I. — DOBSON (M.). *Experiments and observations on the urine in the diabetes* (Med. observ. and Inquiries, London, 1776, v, 298). — R. J. DANIELS. *Gustus organi novissime detecti Pro-dromus*. (Dissert. Maguntix, 1790). — F. A. VON HUMBOLDT, *Versuche über die gereizten Muskel und Nervenfasern nebst Vermuthungen über den chemischen Process des Lebens in der Thier. u. Pflanzenwelt*. Posen u. Berlin, 1797). — KIELMAYER. *Versuche über die sogenannte animalische Elektrizität* (Green's Journ. d. Physik., Leipzig, VIII, 1794, 65). — LANGIUS. *Opera omnia* (1704). — LEHOT. *Theorie des einfachen Galvanismus gegründet auf neue Versuche* (Gilbert's Ann. d. Physik., IX, Halle, 1805). — PETRUS LUCHTMANN'S. *Specimen physico-medicum inaugurale de saporibus et gustu* (Lugduni Batavorum, 1758). — C. H. PFAFF. *Abhandlung über die sogenannte thierische Elektrizität*. (Green's Journal d. Physik., Leipzig, VIII, 1794). — ALEXANDER MUERO et RICHARD FOWLER. *Abhandlung über thierische Elektrizität und ihren Einfluss auf das Nervensystem* (Leipzig, 1796). — J. W. RITTER. *Beweis, das ein beständiger Galvanismus den Lebensprocess in dem Thierreich begleitet nebst neuen Versuchen und Bemerkungen über den Galvanismus* (Weimar, 1798). — J. W. RITTER. *Versuche und Bemerkungen über den Galvanismus der Volta'schen Batterie*. Zweiter Brief. *Wirkungen des Galvanismus der Volta'schen Batterie auf menschliche Sinneswerkzeuge* (Gilbert's Ann. d. Physik., VII, Halle, 1801, 448). — J. W. RITTER. *Beiträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus und des Resultate seiner Untersuchung.*, II, 2^e partie, Iéna 1802, (2, 3, 4), dernière partie, Iéna, 1805. — *Neue Versuche und Bemerkungen über den Galvanismus*. Zweiter Brief (Gilbert's Ann. d. Physik., XIX, Halle, 1805). — M. SULZER. *Recherches sur l'origine des sentiments agréables et désagréables*. *Trois parties, Des passions des sens*. (Histoire de l'Acad. des Sciences et Belles-Lettres de Berlin (1752), 1754, 8^e, 356). — THOMAS WILLIS. *Pharmaceutice rationalis sive diatriba de medicamentorum operationibus in corpore humano* (Hagae Comitum, 1677, IV, cap. 3, 206-218).

- 1806-1830. — CAROL. FR. BELLINGERI. *De nervis faciei*, Turin, 1818, Dissert. Inaug. — DESCOT. *Dissertation sur les affections locales des nerfs*, Paris, 1823. — FODÉRA. *Recherches expérimentales sur le système nerveux*, présentées à l'Académie des Sciences, 31 déc. 1822 (*J. d. Physiol. exp. et path.*, III, 1823, 191-217). — W. HORN. *Ueber den Geschmackssinn des Menschen*. Heidelberg, 1825. — MAGENDIE. *De l'influence de la cinquième paire de nerfs sur la nutrition et les fonctions de l'œil* (*Journal de physiologie expérimentale*, 1824, IV). — *Suite des expériences sur les fonctions de la cinquième paire de nerfs* (*Acad. d. Sciences*, 31 nov. 1824; *Journal de Physiol. expér. et pathol.*, 1824, IV). — HERBERT MAYO. *Anatomical and physiological Commentaries*, etc. London, 1823; — *Note sur les nerfs cérébraux considérés dans leur rapport avec le sentiment et le mouvement volontaire* (*Journal de physiol. expér.*, 1823, III, 356). — PICT. *De gustus et olfactus nexu, præsertim argumentis pathologicis et experimentis illustrati*, Berlin, 1829. — S. TH. SÖMMERING. *Icones organ. gustus et vocis human.* Frankf., 1806, in-fol. — TOURTUAL. *Die Sinne des Menschen in den wechselseitigen Beziehungen ihres psychischen und organischen Lebens*. Münster, 1827. — VERNIÈRE. *Répertoire d'Anatomie et de Physiol. de BRESCHET*, 1827, IV, 39. — *Sur le sens du goût* (*Journal des progrès des Sciences et Institution médicale*, 1827, III, 208-211). — *Physiologische Untersuchungen über den Sinn des Geschmacks* (Froriep's neue Not., 1828, XXV, 423-424). — ALESSANDRO VOLTA. *Collezione dell' opere* (Firenze, I, 2^e partie, 1816).
- 1830-1837. — ALCOCK. *Determ. to the question which are the nerves of taste* (*The Dublin Journal of Medical and Chemical Science*, nov. 1836). — BURKARD EBLE. *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie von Jahre 1800-1825* (Wien, 1836). — GERDY. *Note sur les mouvements de la langue et quelques mouvements du pharynx* (*Bull. d. Scienc. médic.*, 1830, XX, 26-36). — J. GUYOT. *Nouvelles expériences sur le sens du goût chez l'homme*, etc. (*Arch. gén. de méd.*, (III), 1837, (I), p. 51). — GUYOT et ADMYRAULD. *Mémoire sur le siège du goût chez l'homme* (*Bull. des Sciences médicales*, III^e Sect. du Bull. universel de Férussac, Paris, 1830, XXI, 18-22). — J. KORNFELD. *De functionibus nervorum linguae experiment.* Diss. inaug., Berolini, 1836. — MONTAULT. *Dissertation sur l'hémiplégie faciale*, Paris, 1831. — J. MÜLLER. *Arch. für Anat. und Physiol.*, 1835. — J. MÜLLER. *Handbuch der Physiol. des Menschen*, Coblenz, 1837, II. — *Historisch-anatomische Bemerkungen* (*Arch. Anatom. u. Physiol.*, 1837). — NOBLE. *London Med. Gazette*, 1834. — PANIZZA. *Ricerche sperimentali sopra i nervi. Lettere del profess. Panizza al profess. Bufalini*, Pavie, 1834. — RAPP. *Die Verrichtungen des fünften Nervenpaares* (Leipzig, 1832). — B. F. WING. *Fonctions de la membrane pituitaire* (*Arch. génér. de Médéc.*, XII, 2^e série, Paris, 1836, 92).
1838. — BIDDER. *Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn*, Dorpat. — BRILLAT SAVARIN. *Physiologie du goût ou méditation de gastronomie transcendante. Ouvrage théorique, historique et à l'ordre du jour, dédié aux gastronomes parisiens, par un professeur*, Paris, Charpentier, 1 vol., 493 pp. — H. DUGÈS. *Traité de Physiologie comparée de l'homme et des animaux*. Montpellier, I. — RASPAIL. *Das Organ des Geschmacks* (Froriep's neue Not., II, 98). — JOHN REID. *An experiment invest. into the functions of the eight pair of nerves* (*The Edimb. Med. and Surg. Journal*). — ROMBERG. *Anæsthesie im Gebiete des Quintus* (Müller's Archiv).
1839. — GUYOT et CAZALIS. *Recherches sur les nerfs du goût* (*Arch. gén. de méd.*, février (3), IV, 258). — MAGENDIE. *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, II, 292. — VALENTIN. *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*, Berne. — ZENNECK. *Die Geschmackserscheinungen* (*Repertorium für der Pharmacie*, LXV).
- 1840-1842. — BÉRARD. *Fractures du crâne par armes à feu* (*Gazette Médicale*). — DEBROU. *Thèse inaugurale*, Paris. — FLOURENS. *Recherches expérimentales sur les fonctions et les propriétés du système nerveux*, Paris. — GUARINI. *Annali universali di medicina*, 1842. — J. F. C. MAYER. *Neue Untersuchungen aus dem Gebiete der Anatomie u. Physiologie*, 1842, Bonn, 25-26. — HATTEN THÉNARD. *Nichtexistenz des geschmacklosen Zuckers* (*Ann. d. Chem. u. Pharmacie*, XXXIX, 1841, 125; *Journ. Pharm.*, XXVII, 100). — TROMMER. *Unterscheidung von Gummi, Dextrin, Traubenzucker und Rohrzucker* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, XXXIX, 1841, 360).
- 1843-1846. — CL. BERNARD. *Recherches anatomiques et physiologiques sur la corde du tympan, pour servir à l'histoire de l'hémiplégie faciale* (*Ann. médico-psychologiques*, 1843, 408-439). — *Recherches sur la corde du tympan* (*Arch. gén. de méd.*, 1843, II, 332).

— De l'altération du goût dans la paralysie du nerf facial (*Arch. génér. de méd.*, 1844, LVI, 480). — BIDDER. Schmecken in *R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, 1846, III, 1. — BIFFI. *Sui nervi della lingua; ricerche anat. fisiol.* (*Annali univers. di medicina*, Milan, 1846). — J. A. HORN. Ueber die Nerven d. Gaumensegels (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1844). — GAL. Cas de paralysie du nerf facial avec perte complète du goût (*Gaz. medic. di Milano*, juin 1846). — MORGANTI. *Anat. et physiologie du ganglion géniculé*, Milan, 1846.

1847-1850. — BIFFI et MORGANTI. (*Archiv f. Anat. u. Physiol.*, 1847; et *Gaz. méd. de Paris*, 1847, XVII, III^e sér., (2), 188). — CARPENTER. Taste. *Todd's Cyclopædie of Anat. and Physiol.*, IV, part. II, London, 1849-1852). — CUSCO. *Recherches sur différents points d'anat. de physiol. et de path.* (*Diss. inaugurale*, Paris, 1848). — DUCHENNE (de Boulogne). *Recherches électro-physiologiques et pathologiques sur les propriétés et les usages de la corde du tympan* (*Arch. génér. de méd.*, décembre 1850, XXIV, 4, 385). — E. DU BOIS REYMOND. *Untersuchungen über thierische Elektrizität*, I, Berlin, 1848. — STANNIUS. *Versuche über die Function der Zungennerven* (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1848). — FR. UTERHART. *De functionibus nervi hypoglossi, rami lingualis nervi trigemini, nervi glosso-pharyngei* (*Diss.*, 1847). — VALENTIN. *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, II, 1848, 301. — WALLER. *Minute structure of the papillæ and of the tongue* (*Philosoph. Transact.*, 1847). — E. H. WEBER. Ueber den Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1847).

1851-1855. — BRÜHL. Ueber das Mayer'sche Organ an der Zunge der Haus-Säugethiere oder die seitliche Zungenrücken-Drüse derselben (*Vierteljahrsschrift für wiss. Veterinärkunde*, 1851, I, 165). — A. KÖLLIKER. *Microscopische Anatomie: II. Specielle Gewebelehre*, Leipzig, 1852. — LEYDIG. Ueber die äussere Haut einiger Süsswasserfische (*Zeitsch. f. wiss. Zool.*, III, 1851). — REMAK. Ueber die Ganglion der Zunge bei Säugethiern und beim Menschen (*Müller's Arch.*, 1852). — ROMBERG. *Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen*, I, (2), Berlin, 1851, 305.

1856-1857. — FIXEN. *De linguæ raninæ textura, disquisitiones microscopicae*. Dorpat, 1857. — GUYOT. Note sur l'anesthésie du sens du goût (*C. R.*, XLII, 1856, 1143). — R. SCHIRMER. *Nonnullæ de gustu disquisitiones*. *Diss. Inaug.*, Gryphæ, 1856. — *Einiges zur Physiologie des Geschmacks*. (*Deutsche Klinik*, 1857, XI, n. 13, 15, 18). — A. STICH. Ueber die Schmeckbarkeit d. Gase (*Ann. des Charité-Krankenhauses*, VIII, Berlin, 1857, 105-115). — *Beiträge für Kenntniss der Chorda tympanis* (*Ann. des Charité-Krankenhauses*, 1857).

1858. — CL. BERNARD. *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux* (*Cours de médecine du Collège de France*, II, Paris, Baillière, 1858, 560). — BILLROTH. Ueber die Epithelzellen der Froschzunge (*Müller's Arch.*, 1858, 159). — C. LUDWIG. *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*. 2 Aufl., Leipzig u. Heidelberg, 1858. — SCARPA. *Œuvres diverses*, Florence, 1858, 4^e partie, chap. 3. — STICH. *Beiträge zur Kenntniss der Chorda tympani* (*Ann. des Charité-Krankenhauses*, Berlin, 1858, 59). — STICH. Ueber der Ekelgefühl (*Ann. des Charité-Krankenhauses*, VIII, Berlin, 1858, 22). — STICH et KLAATSCH. Ueber den Art der Geschmack-vermittlung (*A. A. P.*, XXIV, 1858).

1859-1860. — BUDGE. Ueber geschmacksempfindende Stellen (*Deutsche Klinik*, 1859, XI, n. 19). — A. DRIELSMA. *Onderzoek over den zetel van het smaakzintuig* (*Diss. Groningen*, 1859). — HOYER. *Mikroskopische Untersuchungen über die Zunge des Frosches* (*Arch. f. Anat. und Phys.*, 1859, 481 et 1860, 217-223).

1861-1867. — KEY AXIEL. Ueber die Endigungsweise der Geschmacksnerven in der Zunge des Frosches (*Arch. f. An. u. Phys.*, 1861, 386). — BAZIRE. *Observation de paralysie du nerf facial avec troubles du goût et de l'audition* (*Brit. med. Journal*, 21 sept. 1867). — BÉCLARD. *Traité élémentaire de physiologie humaine*, 3^e édit., Asselin, Paris, 1866, 1248. — ENGELMANN. Ueber die Endigungsweise der Geschmacksnerven in der Zunge des Frosches (*Zeitschr. f. wissensch. Zool.*, VIII, 1867, 142). — O. FUNKE. *Lehrbuch der Physiologie*, Leipzig, 1860, II. — HARTMANN. Ueber die Endigungsweise der Nerven in die Papilla fungiformes der Froschzunge (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1883, 634). — HIRSCHFELD. *Traité et iconographie du système nerveux et des organes des sens de l'homme*, 2^e édit., Paris, 1866, 21. — G. INZANI et F. LUSSANA. *Sui nervi del gusto* (*Annali universali di Medicina*, 1862, août, CLXXXI). — LOVÉN. *Bidrag till Kännedom om tungens smakpapiller* (*Archiv f. mikroskop. Anat.*, 1867, IV, 96). — MOOS. *Innervationsstörungen durch Application des künstlichen Trommelfells* (*C. W.*, 1867, n^o 46). — (E. NEUMANN). *Die Elektrizität als Mittel*

zur Untersuchung des Geschmackssinnes im gesunden und kranken Zustande (Königsberger med. Jahrb., IV, 1864, 1-22). — SCHIFF. *Leçons sur la physiologie de la digestion*. Florence, 1867. — M. SCHIFF. *Neue Untersuchungen über die Geschmacksnerven des vorderen Theiles der Zunge* (Molesch. *Untersuch.*, Giessen, 1867, x, 406). — SCHULTZE. *Ueber die becherförmigen Organe der Fische* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, XVI, 1863, 218). — SCHWALB. *Ueber das Kenntniss der Papillæ fungiformes der Säugethiere* (Med. Centralbl., 1867, n. 28). — SCHWALBE. *Ueber das Epithel der Papillæ Vallatæ* (Arch. f. Mikrosk. Anat., III, 1867, 504).

1868. — LETZERICH. *Ueber die Endapparate der Geschmacksnerven* (Medic. Centralbl.). — LOVÉN. *Beitrag zur Kenntniss von Bau d. Geschmacksstarchen der Zunge* (Arch. f. mikrosk. Anat., IV, 96). — PRÉVOST. *Recherches anatomiques et physiologiques sur le ganglion sphéno-palatin* (A. de P., I, 24). — CH. ROUGET. *Corpuscules nerveux de la peau et des muqueuses* (A. de P., 1868). — SCHWALBE. *Ueber die Geschmacksorgane der Säugethiere und des Menschen* (Arch. f. Mikrosk. Anat., IV, 154). — *Zur Kenntniss der Papillæ fungiformes d. Säugethiere* (C. W., 437). — VERNON. *Beiträge zur Kenntniss des Kehlkopfes und der Trachea* (Acad. Wien, (1), LVII, 1093).

1869. CAMERER. *Die Grenzen der Schmeckbarkeit von Chlornatrium in wässriger Lösung* (A. g. P., II, 322). — KEPPLER (FR.). *Das Unterscheidungsvermögen des Geschmackssinnes für Concentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper* (A. g. P., II, 449). — LONGET. *Traité de physiologie*, Paris, 1869, 3^e édit. — LUSSANA. *Recherches expérimentales et observations pathologiques sur les nerfs du goût* (A. de P., 20-33; 197-209). — LUSSANA. *Sui nervi del gusto. Ricerche sperimentali ed osservazioni patologiche* (Gaz. Med. Ital. Prov. Veneta, 12^e ann., n. 14, 15, 16, 1869). — *Destruction du goût à la partie antérieure de la langue par suite de la section de la corde du tympan* (Gaz. Méd. de Paris, III, sér. XIX, 409). — *Destruction du goût à la partie antérieure de la langue par suite de la section de la corde du tympan* (Ann. Univ. di Medic., CLXXXII, 307). — MADDOX. *A contribution to the minute anatomy of the fungiform papillæ* (Monthly Microsc. Journal). — MOOS. *Ueber Störungen des Geschmacks u. Tastsinnes der Zunge in Folge von Application des künstlichen Trommelfells bei grossen Trommelfell-Perforationen* (Arch. f. Augen- und Ohrenheilkunde, I). — J.-L. PRÉVOST. *Note relative aux fonctions gustatives du nerf lingual* (Gaz. méd. de Paris, XXIV). — SCHIFF. *Recherches expérimentales et observations pathologiques sur les nerfs du goût* (A. de P.). — K. VIERORDT. *Ueber die Ursache der verschiedenen Entwickelung des Ortssinnes der Haut* (A. g. P., 297-357). — VULPIAN. *Remarques sur la distribution anatomique de la corde du tympan* (A. de P., II, 209). — WERNICKE. *Paresthésies du goût* (Arch. für Psych., VII). — WYSS. *Ueber ein neues Geschmacksorgan auf der Zunge des Kaninchens* (C. W., 548).

1870. — CAMERER. *Ueber die Abhängigkeit d. Geschmackssinnes von der gereizten Stelle der Mundhöhle* (Z. B., VI, 440). — CAMERER. *Die Grenzen der Schmeckbarkeit* (A. g. P.). — ERB. *Zur Casuistik der Nerven und Muskelkrankheiten* (Deutsch. Arch. f. klin. Med., VII, 246). — KRAUSE. *Die Nervenendigung in der Zunge des Menschen* (Göttinger Nachrichten, 423). — LUSSANA. *Sui nervi del gusto. Novelle osservazioni ed esperienze* (Gaz. med. Ital. Prov. Veneta. XII, n. 41, 44, 46, 1870). — W. OGLE. (Med. chir. Transactions). — SCHIFF. *Sui nervi gustatori. Intorno ai nervi del gusto ed all' eterotopia tattile* (Il Morgagni, 47. l'Impartiale, XI, 15). — WYSS. *Die becherförmigen Organe der Zunge* (Arch. f. mikr. Anat., VI, 1870, 251).

1871-1872. — A. V. AJTAI. *Ein Beitrag zur Kenntniss der Geschmacksorgane* (Arch. f. mikr. Anat., VIII, 1872, 435). — DITLEVSEN. *Undersøgelse over smagslægene paa tungen hos patte dyrene og mennesket*, Copenhagen, 1872. Ref. in Hofmann u. Schwalbe Jahresb., 1872, 241. — M. DUVAL. *Article GOUT Du Nouveau Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques*. Baillière, Paris, XVI, 1872, 530-532. — ENGELMANN. *Die Geschmacksorgane*. In Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. II, 1872, 822. — HÖNIGSCHMIED. *Ein Beitrag über die Verbreitung der becherförm. Organe auf der Zunge der Säugethiere* (C. W., 1872, n^o 26, 401). — JACOBOWITSCH. *Zur Geschmacksempfindung* (Medicinsky Wiestnik, 1872, 32; Hofmann u. Schwalbe's Jahresb. I, 1872, 572). — JOBERT. *Études d'anatomie comparée sur les organes du toucher* (Ann. des Sc. nat., 5^e série, XXI, 1872). — LUSSANA. *Sur les nerfs du goût; observations et expériences nouvelles* (A. de P., IV, 1872, 150-168). — PELTIER. *Fracture du crâne, troubles des sens* (Mouvement Médical, 1872). — J.-L. PRÉVOST. *Sur la distribution de la corde du tympan* (C. R., LXXV, juillet-déc. 1872, 1828). — RANDACCIO. *Sur les*

nerfs du goût. Naples, 1870. — M. SCHIFF. *Sull' origine dei nervi gustatori della parte anteriore della lingua* (L'Imparziale, XII, n. 14, 1872). — SCHIFF. *Sur les nerfs du goût; observations et expériences nouvelles* (A. de P., 1871-1872). — M. SCHULTZE. *Erklärung die Entdeckung der Schmeckbecher von G. Schwalbe betreffend* (Arch. f. mikr. Anat., 1872, VIII, 660). — M. SCHULTZE. *Die Geschmacksorgane der Froschlärven* (Arch. f. mikr. Anat., VI, 1870, 407.) — VERNON. *Kehlkopf und Trachea*. (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, Leipzig, 1871, I, 456).

1873. — HENLE. *Handbuch der system. Anatomie des Menschen*, II, 373. — HÖNIGSCHMIED. *Ein Beitrag zur mikroskopischen Anatomie über die Geschmacksorgane der Säugethiere* (Zeitschrift f. wiss. Zool., XXIII, 414). — PRÉVOST. *Nouvelles expériences relatives aux fonctions gustatives du nerf lingual* (A. de P., V, 253 et 375). — VON RITTER VON EBNER. *Die acinösen Drüsen der Zunge und ihre Beziehungen zu den Geschmacksorganen*, Graz, 1873, 261. — SERTOLI. *Osservazioni sulle terminazioni dei nervi del gusto* (Gaz. med. veterin., IV, 1873, n. 2). — TODARO. *Organes du goût et muqueuse bucco-branchiale des Sélaciens* (Arch. de Zool. exp., II, 534). — VIAULT (Arch. de Zool. exp.). — VULPIAN. *Sur la corde du tympan, distribution et usages* (B. B.), — VULPIAN (A.). *Nouvelles recherches physiologiques sur la corde du tympan* (C. R. 20 janvier).

1874-1875. — BIMAR. *Étude physiologique sur le sens du goût* (Diss. inaug., Montpellier, 1875, 76). — CARL. *Ein Beitrag zur Frage: Enthält die Chorda tympani Geschmacksfasern?* (Arch. f. Ohrenheilkunde, X, 1875, 152-178). — DONNELL. *Double facial paralysis without loss of taste in the forepart of the tongue* (The Lancet, 29 mai 1875, 759). — HOFFMANN. *Ueber die Verbreitung des Geschmacksorgane beim Menschen* (Arch., LXII, 1875, 516). — KROHN. (H.). *Diss. Copenhagen*, 1875. — VULPIAN. *Leçons sur l'appareil vaso-moteur*, Germer-Baillière, Paris, 571-775. — K. WILCZYNSKI. *Mit welchen Theilen der Mundhöhle und speciell der Zunge können wir den Geschmack einiger Substanzen erkennen?* in Hofmann et Schwalbe's Jahresb., 1875, IV, 3, 137.

1876. — BRÜCKE. *Vorlesungen über Physiologie*, Wien, (2). — KRAUSE (W.). *Allgemeine und mikroskopische Anatomie*. Handb. der Anatomie, 190-198. — NIXON. *Double facial paralysis, with some remarks upon the nerves of taste* (The Dublin Journ. of med. science, août, 105). — SHOFIELD (R. H. A.). *Observations on taste-goblets in the epiglottides of the dog and cat*. (Journal of Anat. and Phys., X, 475). — URBANTSCHITSCH. *Beobachtungen über Anomalien des Geschmacks, der Tastempfindungen und der Speichel-Secretion in Folge von Erkrankungen der Paukenhöhle*, Stuttgart.

1877-1878. — DAVIS (C.). *Arch. f. mikroskop. Anatomie*, XIV, 1877, 158. — G. F. FECHNER. *Sachen der Psychophysik*, Leipzig, 1877. — FERRIER. *Les Fonctions du cerveau*, traduction H. de VARIGNY. Paris, Germer-Baillière, 1878, 294, 307, 519. — GLYNN. (Brit. med. Journal, 1878, obs. IV). — HESSE (FR.). *Ueber die Tastkugeln des Entenschnabels*, 1878). — J. HÖNIGSCHMIED. *Kleine Beiträge zur Vertheilung der Geschmacksorganen bei den Säugethiere* (Zeitschr. f. wiss. Zool., XXIX, 255). — LANNEGRACE. *Terminaisons nerveuses dans la langue* (Thèse d'agrégation, Paris). — PODWISITZKY. *Anatomische Untersuchungen über die Zungendrüsen des Menschen und der Säugethiere* (Inaug. Diss., Dorpat., 1878). — RICHARDS. *The relation of the Taste of acids to their degree of dissociation* (American chemical Journal, XX, 1878, n° 2, Februar, C. R.). — VON VINTSCHGAU et HÖNIGSCHMIED. *A. g. P.*, XIV, 557. — VULPIAN. *Expériences ayant pour but de déterminer la véritable origine de la corde du tympan* (Gaz. méd. de Paris, VII, 231).

1879. — BLAU (LOUIS). *Ein Beitrag zur Lehre der Function der Chorda tympani* (Berliner klin. Woch.) — GEGENBAUR (C.). *Die Gaumenfalten des Menschen* (Morph. Jahrb., IV). — J. HENLE. *Handbuch der Nervenlehre des Menschen*, Braunschweig, 2^e édit. — LUYSS. *Le cerveau* (Bull. scient. Internat., 219). — VINTSCHGAU (VON). *Beiträge zur Physiologie des Geschmackssinnes*. (A. g. P., XIX, 236-253). — VOISIN (A.). *Traité de la paralysie générale*, Baillière, 1879, 41.

1880. — B. V. AREP. *Ueber die physiol. Wirkung der Cocains* (A. g. P., XXI, 1880, 47). — BIGELOW. *Anatomie et physiologie de la corde du tympan* (The New-York Med. Record, 57; The Brain, avril). — CHATIN (J.). *Les organes des sens dans la série animale*, 176. — HÖNIGSCHMIED. *Zeitschrift für wiss. Zool.*, XXXIV, 452. — KRAUSE. *Die Nervenendigung innerhalb der terminalen Körperchen* (Arch. f. mikr. Anat., XIX, 53, 136). — MATHIAS DUVAL. *Recherches sur l'origine réelle des nerfs crâniens* (Journal de l'anat. et de la physiol.

— MERKEL. *Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere*, Rostock. — SPITZKA. *New-York medical Record*, 31 janvier. — VINTSCHGAU. *Beiträge zur Physiologie des Geschmackssinnes* (A. g. P., xx, 81, 225). — VINTSCHGAU et HENIGSCHMIED. *Beobacht. über Veränderungen der Schmechbecher, etc.* (A. g. P., xxiii). — VINTSCHGAU. *Art. Geschmackssinn. Handbuch der Physiol. von Hermann*, Leipzig, III, (2), 143-225.

1881. — G. BALLET. *Recherches anatomiques et cliniques sur le faisceau sensitif et les troubles de la sensibilité dans les lésions du cerveau* (Thèse de Paris). — MAC BRIDE. *Observations on Ear diseases* (Edimburg med. Journal, avril). — F. CHURCHILL et A. LEBLOND. *Traité pratique des maladies des femmes* (Baillière, Paris). — COUTY. *Recherches sur les troubles sensitifs sensoriels et intellectuels consécutifs à des lésions expérimentales du cerveau chez le singe et le chien* (B. B., 26 février, 95.) — GOTTSCHAU. *Ueber Geschmacksknospen* (Verhandl. der phys. med. Gesellschaft in Würzburg, xv). — JOFFROY et HANOT. *Accidents bulbaires à début rapide chez les ataxiques* (Congrès méd. d'Alger, 1881). — KÜNCKEL (J.) et GAZAGNAIRE. *Rapport du cylindre-axe et des cellules nerveuses périphériques avec les organes des sens chez les insectes* (B. B., 15 janv. 30, et 29 janvier, 48). — ROCKWELL (A. D.). *Un cas de perte complète et prolongée des sens du goût et de l'odorat* (The Medical Record, janvier, 120). — WOLFF. (W.). *Ueber freie sensible Nervenendigungen* (Arch. f. Mikr. xx, 377).

1882. — ERB. *Sur le trajet des fibres gustatives de la corde du tympan* (Neurol. Centralbl., 949). — GOTTSCHAU. *Ueber Geschmacksknospen* (Biolog. Centralbl., xiii, 1882). — RANVIER. *Nouvelles recherches sur les organes du goût* (C. R., 1880).

1883. — DRASCH. *Histologische und physiologische Studien über die Geschmackorgane* Ak. W., LXXXVIII, (3). — MATHIAS DUVAL. *Cours de Physiologie*, 3^e Édit., Baillière, Paris, 684. — CH. RICHET. *De l'action comparée de quelques métaux sur les nerfs du goût* (B. B., 29 déc., 687). — ROSENTHAL (J.). *Ueber Temperatur-und Tastnerven* (Sitzungsber. d. phys. med. Soc. zu Erlangen, xvi, 104). — N. SIMANOWSKY. *Arch. f. mikroskop. Anat.*, xxii, 709. — URBANTSCHITSCH. *Beobachtung eines Fall von Anästhesie der periph. Chorda tympani Fasern, etc.* (Arch. f. Ohrenheilkunde, xix, 1883, 135). — VOISIN (A.). *Leçons cliniques sur les maladies mentales et sur les maladies nerveuses*, Paris.

1884. — CSOKOR (J.). *Vergleichend-histologische Studien über den Bau des Geschmackorganes der Haussäugethiere* (Oesterr. Vrtljschr. f. wissenschaft. Veterinärk., Wien, LXII, 147-163). — LUSTIG (A.). *Beiträge zur Kenntniss der Entwicklung der Geschmacksknospen* (Ak. W., LXXXIX, (3), 308-324).

1885. — BEAUNIS (H.). *Recherches expérimentales sur les conditions de l'activité cérébrale et sur la physiologie des nerfs*, Paris. — CAMERER (W.). *Die Methode der richtigen und falschen Fälle angewendet auf den Geschmackssinn* (Z. B., xxi, 570-602). — DYER (W. T. T.). *A plant which destroys the taste of sweetness* (Nature, 176-182). — E. GLEY et CH. RICHET. *Action chimique et sensibilité gustative* (B. B., 19 déc. 742). — *De la sensibilité gustative pour les alcaloïdes* (B. B., 18 avril; C. R., 237). — KNAPP. *Das Kokain und seine Anwendung* (Archiv für Augenheilk., xv, 398). — L. RANVIER. *De l'éléidine et de la répartition de cette substance dans la peau, la muqueuse buccale et la muqueuse œsophagienne des vertébrés* (A. de P., 125). — RITTMAYER (KARL). *Geschmacksprüfungen*, Inaugur. Diss. Helmstedt. — SCHULTZE (E.). *Die Beziehungen der Chorda tympani zur Geschmackspception auf den zwei vorderen Dritteln der Zunge* (Ztschr. f. Ohrenh., xv, 67-78). — SENATOR. *Un cas d'affection du trijumeau. Contributions à la connaissance de l'ophtalmie neuro-paralytique, du trajet des fibres du goût issues de la corde du tympan et des tuméfactions articulaires intermittentes* (A. P., xiii, 3, 1885). — VULPIAN. *Recherches sur les fonctions du nerf de Wrisberg* (C. R., 23 nov.). — *Recherches sur les fonctions du nerf de Wrisberg* (C. R., 28 déc., 1885). — *Paralyse faciale périphérique* (Gazette des Hôpitaux, 31). — WUNDT. *Éléments de Psychologie physiologique* (éd. franç. Paris, 1, 434).

1886. — ADUCCO (V.) et U. MOSSO. *Ricerca sopra la fisiologia del gusto* (Gior. d. r. Accad. di med. di Torino, xxxiv, 39-42). — FINCKS (H.-T.). *The gastronomic value of odours* (Contemp. Rev., Londres, I, p. 680-695). — GEGENBAUR (C.). *Beiträge zur Morphologie der Zunge* (Morph. Jahrbuch., xi). — GLEY. *Article GUSTATION. Du Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, 4^e Série, xi, 626. — *Note sur l'action gustative de la corde du tympan et sur l'origine réelle de ce nerf* (B. B., 13 fév., 6). — HEUBNER (L.). *Eine Beobachtung über den Verlauf der Geschmacksnerven* (Berl. klin. Wochenschr., xxiii, 758). — HOOPER (D.). *An examination of the leaves of Gymnema sylvestre* (Nature, xxxv, 565-567). —

CH. RICHET. *De l'action physiologique des sels alcalins* (A. de P., x, 1886, 101). — ROSENBERG. *Ueber die Nervenendigungen in der Schleimhaut und im Epithel der Säugethierezung* (A. k. W.). — SCHIFF. *Origine et parcours des nerfs gustatifs de la partie antérieure de la langue* (Semaine méd., 29 déc.). — SWANI. *Die Balgdrüsen am Zungengrunde und deren Hypertrophie* (Archiv f. klin. Med., xxxix).

1887. — ACKERMANN. *Über die Geschmacksveränderung oder Beeinträchtigung durch Gebissplatten* (D. Monatschr. f. Zahnheilk., v, 259). — BAILEY (E.-H.-S.) et NICHOLS (E.-L.). *The delicacy of the sense of taste* (Nature, xxxvii, 537). — CHARTAN. *Brit. med. Journal*, mai. 1161. — CORIN (J.). *Action des acides sur le goût* (Bull. Acad. roy. d. sc. de Belg., Bruxelles, 3^e Série, xiv, 616-637). — DRASCH. *Untersuchungen über die papillæ foliatæ und circumvallatæ des Kaninchen und Feldhasen* (Abhandl. [der math. phys. k. der kgl. Gesellsch. d. Wissensch., xiv]. — FÉRÉ (CH.). *La vision colorée et l'équivalence des excitations sensorielles* (B. B., 24 déc., 791). — GRIFFINI (L.). *Sulla riproduzione degli organi gustatorii* (R. Ist. Lomb. di sc. e lett. Milano, 2^e Série, xx, 667-683, 2 pl.). — HAYCRAFT (J.-B.). *The nature of the objective Cause of sensation. II, Taste*. Brain, Lond., x, 1887-8, 145-163. — HERMANN (FRIEDRICH). *Studien über den feineren Bau des Geschmacksorgans*, Erlangen, 1887, E.-T. Jacob, 41 pp. 1 vol. 8°. — HOWELL (W.-H.) et J.-H. KASTLE. *Note on the specific energy of the Nerves of Taste* (John's Hopkins Univ. Stud. biol. lab., Balt., iv, 13-17). — LICHTWITZ. *Les anesthésies hystériques des muqueuses et des organes des sens et les zones hystériques des muqueuses* (Thèse de Bordeaux). — PREYER (W.). *L'âme de l'enfant*, trad. fr., Alcan, chap. iv, 95-107. — SUZANNE (G.). *Recherches anatomiques sur le plancher de la bouche avec étude pathologique sur la grenouillette commune ou sublinguale* (A. de P.).

1888. — BAILEY (E.-H.-S.) et NICHOLS (E.-L.). — *On the Sense of Taste* (Science, N. Y., xi, 1888, 145). — BEAUNIS. *Nouveaux éléments de Physiologie humaine*, III^e Édit., 2 vol. Baillière, Paris, 1888, 736-936. — CL. BERNARD. *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, I. — BERTHOLD. C. W., 460. — BRUNS (L.). *Multiple Hirnnervenläsion nach Basisfractur; ein Beitrag zur Frage des Verlaufs der Geschmacksnerven* (Arch. f. Psychiat., Berlin, xx, 1888, 495-503). — CORIN (J.). *Action des acides sur le goût* (Arch. de Biol., Gand et Leipzig, viii, 121-138). — GAUPPE (E.). *Anatomische Untersuchungen über die Nervenversorgung der Mund- und Nasenhöhlendrüsen der Wirbelthiere* (Morph. Jahrb., xiv). — GOLDSCHIEDER et SCHMIDT. *Bemerkungen über den Geschmackssinn* (C. P., 10). — ALLEN HARRISSON. *The palatal rugal in Man* (Proceedings of the Acad. of Nat. Scient., Philadelphia). — HERMANN (F.). *Studien über den feineren Bau des Geschmacksorgans* (Sitzungsb. d. math. phys. Cl. d. K. bayer. Akad. d. Wissensch., zu München., xvii, 277-318, 2 pl.). — PETERSEN. *Note upon disturbance of the sense of Taste after amputation of the Tongue* (N. Y. med. Record, 1890 et Centralbl. f. Laryng., viii, 81). — TUCKERMANN (F.). *Note on the Papilla foliata and other Taste areas of the pig*. (Anat. Anz., Iena, iii, 67-73). — *On the gustatory organs of Putorius Vison* (Anat. Anz., Iena, iii, 941). — *The gustatory organs of Vulpes Vulgaris* (J. Anat. and Physiol., Lond., xxiii, Jan., 201-205). — *On the development of the Taste-organs of Man* (J. Anat. and physiol., Lond., xxiii, 559-582). — *The Tongue and gustatory organs of Fiber Libethicus* (Journ. of Anat. and phys., xxii). — ZENNER. (P.). *Ein klinisches Beitrag über den Verlauf der Geschmacksnerven* (Neurol. Centralbl., Leipzig, vii, 437-460).

1889. — BAIN. *Les Sens et l'Intelligence*, Paris, trad. fr., 95. — DA COSTA. *Paralysie du goût périphérique* (Med. News., 11 mai). — GELIN. *Zur Morphologie der Papilla vallata und foliata* (Arch. f. mikr. Anat., xl, 1). — JACKSON et BEEVOR. (Brain, 1889, p. 346). — ÖHRWALL (H.). *Studien och undersökningar öfver Smaksinnet* (Upsala Läkaref. Förh., xxiv, 353-439). — OTTOLENGHI. *Il gusto nei criminali in rapporto coi normali* (Arch. di Psychiat., Torino, x, 332-338). — *Il gusto nei criminali in rapporto ai normali* (Gior. d. r. Acad. di med. di Torino, xxxvii, 218-222). — SCHREIBER (P.-J.). *Abnorme Geschmacksempfindung bei Neurasthenia sexualis* (Med. Ztg., Dayton, 1889-90, 1, p. 206-210). — TUCKERMAN (F.). *An undescribed Taste area in Perameles nasuta* (Anat. Anz., Iena, iv, 411). — *On the gustatory organs of the Lepus americanus* (Americ. J. Sc., N. Haven, 3^e Série, xxxviii, 277-280). — *The gustatory organs of Belidens ariel* (J. Anat., and Physiol., Lond., xxiv, 85-88, 1 pl.). — *On the gustatory organs of Erethizon dorsatus* (Ann. Month. Micr. J., x, 181). — VULPIAN (A.). *Remarques sur la distribution anatomique de la corde du tympan* (A. de P., ii, 209). — ZIEHL. Arch. f. Anat. und Phys., cxvii, 1.

1890. — BRUNS (L.). *Erwiderung an Herrn Dr. Ziehl in Lübeck, die Innervation des Geschmacks betreffend* (A. A. P., CXIX, 183-191). — DUBOIS (R.). *Sur la physiologie comparée des sensations gustatives et tactiles* (C. R., 3 mars). — FÉRÉ (CH.). *Les épilepsies et les épileptiques* (Alcan, 193). — FERGUSON (J.). *The nervous supply of the Sense of Taste* (Med. News, LVII, 18 oct., 393-397). — FISCHER (EMIL.). *Synthese der Mannose und Lävulose* (Chem. Ber., XXIII, 376). — FUNKE (R.). *Ueber eine neue Methode zur Prüfung des Tastsinns* (Ztschr. f. Heilk., Berlin, XI, 443-471). — *Ueber eine neue Methode zur Prüfung des Tastsinnes* (Festschr. z. Feier d. k. k. allg. Krankenh. in Prag., Berlin, 107-133). — *Ueber eine neue Methode zur Prüfung des Tastsinnes* (Berlin, 1891, Fischer, 1 vol. 8° 29 pp.). — FUSARI (R.) et PANASCI. *Sulle terminazioni nervose nella mucosa e nelle ghiandole sierose delle lingua dei mammiferi* (Atti Accad. di Torino, XXV). — *Démonstration des terminaisons des nerfs dans les glandes séreuses de la langue des mammifères* (Verhandl. des X. internat. medic. Kongresses, Berlin, II, 1). — GLEY (E.). *Les nerfs du goût* (Tribune méd., Paris, XXII, (2^e Série), p. 453-456). — GOLDSCHIEDER et SCHMIDT. *Bemerkungen über den Geschmackssinn* (Centralblatt für Physiologie, IV, 10-12). — HINTZE (A.). *Ueb. die Entwicklung der Zungenpapillen beim Menschen* (Inaug. Diss., Strasbourg). — JAUME Y MATAS (P.). *Nervosismo cronico con perversion del gusto* (Rev. balear de Scien. med., Palma de Mallorca, VI, 1890, 449-454). — OEHRAWALL (H.). *Untersuchungen über den Geschmackssinn* (Skandin. Arch. f. Physiol., Leipz., II, 1890, 1-69, 1 pl. et Zeitschrift für Psychol., I, 1890, 141). — RENÉ (A.). *Anosmie* (B. B., 1890, 439-441). — THOMPSON (J.-H.). *On sensations referred to the mouth* (Lancet, Lond., I, 1890, p. 900). — TUCKERMAN (F.). *Observations on some mammalian Taste organs* (J. Anat. and Physiol., Lond., XXV, 1890, 505-508). — *On the gustatory organs of some of the mammalia* (J. Morphol., Bost., IV, 1890, 151-193). — ZIEHL (F.). *Einige Bemerkungen zu der Erwiderung des Herrn Dr. Bruns in Hannover, meines Aufsatz über die Innervation des Geschmacks betreffend* (A. A. P., Berl., CXX, 1890, 193).

1891. — BERNHEIM. *De la suggestion*, 1891, 44. — BOCCI (BALDUINO). *L'Organo del gusto*, Milan, 1891, F. Vallardi, 1 vol. 12°, 67. — BREGLIA (A.). *Note anatomice sulle capacità del cavo buccale* (Progresso Med., Napoli, 1891). — DÉJÉRINE. B. B., 1891. — FISCHER (EMIL) et JULIUS TAFEL. *Synthetische Versuche im der Zuckergruppe* (Chem. Ber., XXII, 1891, 100). — FUSARI (R.) et PANASCI (A.). *Les terminaisons des nerfs dans la muqueuse et dans les glandes séreuses de la langue des mammifères (avec une planche)* (A. i. B., XIII, 1891, 240-247). — GILLES DE LA TOURETTE. *Traité clinique et thérapeutique de l'hystérie* (Plon, Paris, 1891, 3 vol.). — HERMANN et LASERSTEIN. *Beitrag zur Kenntnis des electrischen Geschmacks* (A. g. P., XLIX, 1891, 36). — HERMANN (L.). *Ueber Rheo-Tachygraphie; ein Verfahren zur graphischen Registrierung schneller electrischer Vorgänge* (A. g. P., XLIX, 539-548). — HIS (W.). *Der Tractus thyreo-glossus und seine Beziehungen zum Zungenbein* (Arch. f. Anat., 1891). — LASERSTEIN et HERMANN (L.). *Beiträge zur Kenntniss des electrischen Geschmacks* (A. g. P., XLIX, 519-538). — LOMBROSO et OTTOLENGHI. *Die Sinne der Verbrecher* (Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorgane, II). — MICHELSON. *Geschmacksempfindungen im Kehlkopf* (A. A. P., 123, 389). — MÜSSELE. *Vergleich. Geschmacksprüfung zwischen Alkoholen, Glykosen und Saccharosen* (In. Dissertation, Würzburg). — PITRES. *Des anesthésies hystériques. Leçons cliniques sur l'hystérie* (Paris, 2 vol.). — QUITZOW (JOH.). *Ein Fall von Monoplegie mit Anästhesie des Tastsinnes*. Würzb., F. Fromme, in-8°, 19. — SCHTSCHERBACK. *Zur Frage der Lokalisation des Geschmackszentrums in der Hirnrinde* (C. P., V, 1891, 289). — SERGI. *Ueber einige Eigentümlichkeiten des Tastsinns* (Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., III, 175-184). — SOLLIER (P.). *Gustation colorée* (B. B., 793). — SOURY (J.). *Des fonctions du cerveau*, 221.

1892. — FÉRÉ (CH.), P. BATIGNE et P. OUVRY. *Recherches sur le minimum perceptible de l'olfaction et de la gustation chez les épileptiques* (B. B., 259-270). — GILLET (H.). *Particularités anatomiques du frein de la lèvre supérieure* (Ann. policl. de Paris). — LENHOSSEK. *Verhandl. der naturforsch. Gesellsch., Bâle*, x, 1892. — MARIE (PIERRE). *Leçons sur les maladies de la Moelle*, 1892, 216. — MERKEL (F.). *Jacobson'sche Organ und Papilla palatina beim Menschen* (Anat. Hefte, I, 1892). — RETZIUS (G.). *Die Nervenendigungen in dem Geschmacksorgan der Säugthiere und Amphibien* (Biol. Untersuch., Stockholm, IV, 19-32, 4 pl.). — *Ueber die neuen Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems* (Biol. Untersuch., Stockholm, IV, 49-56). — SCHRIEBER. *Étude*

sur le sens du goût (en russe). Recueil de mémoires sur la philosophie offert à Morochowtzev, en 1892, Moscou, 1893, 42-60. — SHORE (L.-E.). A Contribution to our knowledge of Taste sensation (J. P., xiii, 191-217). — TUCKERMANN (F.). Further observations on the gustatory organs of the mammalia (J. Morphol., vii, 1892-3, 69-94). — ZUNTZ (N.). Beitrag zur Physiologie des Geschmacks (A. P., 1892, 536).

1893. — ARNSTEIN (K.). Die Nervenendigungen in den Schmeckbechern der Säuger (Arch. f. mikrosk. Anat., xli, ii, 195-219). — A new ending of gustatory nerve (Neurol. Vestnik, Kasan, i, 79-98, 1 pl.). — DOYEN. Ablation du ganglion de Gasser (Congr. fr. de chir., 1893, 3-8 avril). — FISCHER. Ueber die Glykoside der Alkohole (D. ch. Ges., xxvi, 1893, 2400). — GRÜTZNER (P.). Über die Bestimmung der Giftigkeit verschiedener Stoffe (Deutsche med. Wochenschrift, n. 32, 1369). — HIRTH (G.). Haben wir einem Fernstastsinn? (Wien. med. Bl., xvi, 459, 473). — KIESOW (F.). Ueber die Wirkung des Cocain und der Gymmasäure auf die Schleimhaut der Zunge und des Mundraums (Phil. Studien, ix, 510-528). — LENHOSSEK (V.). Der feinere Bau und die Nervenendigungen der Geschmacksknospen (Anatom. Anzeiger, viii, janv., n° 4). — LENHOSSEK (V.). Die Geschmacksknospen in den blattförmigen Papillen der Kaninchenzunge. (Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. Würzburg, xxvii, n° 17, 191. — LICHTENSTEIN (A.). Ueber die Geschmacksempfindung gesunder und rachitischer Kinder (Jahrb. f. Kinderh., Leipzig, xxxvii, 76-90). — MARINESCO et SÉRIEUX. Sur un cas de lésion traumatique du trijumeau et du facial avec troubles trophiques consécutifs (A. d. P., 455 et B. B., 18 mars). — MONTESANO. Boll. delle Soc. Lancisiana di Roma. — SCHEIER. Deux cas de lésions du trijumeau (Soc. Berl. de Psych., et de Mal. nerv., 8 mai). — STSCHERBACH (A.-E.). Neurolog. Centr., 261. — VIERORDT (H.). Anatomische und physiologische Daten und Tabellen, 16na (2^e Edit.), 322-325. — VOISIN (J.). L'Idiotie (Alcan, 1893, p. 131).

1894. — D'ABUNDO. Anosmia ed ipoguesia ereditaria (Soc. fra i cultur. delle scienze mediche, Cagliari). — DEBOVE-ACHARD. In Manuel de médecine, iii-iv. Maladies du système nerveux, Rueff et C^{ie}, Paris, 727-839. — DEN (M.). Recherches comparées sur le sens cutané et gustatif chez les hommes et les femmes de différentes conditions (Thèse de Dorpat, [en russe]. — GEGENBAUR (C.). Zur Phylogense der Zunge (Morph. Jahrb., xxi). — GRASSET et ROUZIER. Traité pratique des maladies du système nerveux. Masson, Paris, 899-1091. — GRÜTZNER. C. Schmeckversuche über die chemische Reizung sensibler Nerven (A. g. P., lviii, 69-104). — HENRY (CH.). Le temps de réaction des impressions gustatives mesuré par un compteur à seconde (B. B., 27 oct., 682). — JACQUES (PAUL). Terminaisons nerveuses dans l'organe de la gustation (Th. in. Paris, 72 pp., 5 pl., 8°). — KEEN. Removal of the Gasserian ganglion (Trans. of the Philadelphia county med. Soc.). — KIESOW (F.). Zur Psychophysiologie der Mundhöhle (Phil. Studien, xiv, iv, 567-588). — KLEINER (M.). Paraguesia, with report of a case (Med. Coll. Bull., Denver, ii, 149). — MINGAZZINI. Sui disturbi del gusto negli alienati (Arch. di psich. scienze penali e antropologia criminale, xv, fasc. i, ii). — NAGEL (W.-A.). Ergebnisse vergleichend physiologischer und anatomischer Untersuchungen über den Geschmackssinn und ihre Organe (Biol. Centralbl., Leipzig, xiv, 543-553). — NAGEL WILLIBALD. Untersuchungen über den Geruchs und Geschmackssinn, etc. (Bibliotheca Zoologica, viii, 49-62). — VON OEFELE. Gymenama silvestre bei unangenehmen Geschmacksempfindungen (Allg. med. Centr. Ztg., Berl., lxiii, 121). — QUÉNU. De la résection du nerf maxillaire inférieur dans le crâne (Gaz. des Hôp., 11 janv., 36). — RAUBER. Lehrbuch der Anatomie des Menschen, ii, 2 Abth., Leipzig.

1895. — CHIPAULT. Chirurgie opératoire du système nerveux, Paris, ii. — DÉJÉRINE. Anatomie des centres nerveux, Rueff et C^{ie}, Paris. — EDM. O. V. LIPPMANN. Chemie des Zuckerarten. Braunschweig, 731. — NEUMANN (H.). Bemerkung über die Geschmacksempfindung bei kleinen Kindern (Jahrb. f. Kinderh., xli, 153-159). — RABL (H.). Notiz zur Morphologie der Geschmacksknospen auf der Epiglottis (Anat. Anz., xi, 153-156). — STAURENGHI. Distribution et détermination des nerfs dans la muqueuse de l'épiglotte (Soc. Méd. Chir., Paris, janvier). — TANCRET (CH.) (Bulletin de la Soc. chirurg. de Paris, 728).

1896. — ALBERDA VAN EKENSTEIN. Sur la dimannose cristallisée (Rec. de trav. chim. des Pays-Bas, xiv et xv, 221-224). — CHAPUT (Indépend. méd., 229). — FRENTZEL. Notiz zur Lehre von den Geschmacksempfindungen (C. P., x, 3-4). — GÉRARD-MARCHANT. Extirpation des ganglions de Gasser (Soc. de Chir., 15 juillet). — K. GOY. Ueber Substanzen welche die Geschmacksempfindungen beeinflussen (Dissert. Würzburg). — KIESOW (F.). Beiträge für

physiologischen-psychologische Geschmackssinnes (Philosoph. Studien, XII, 235-278, 464-472). — KRAUSE. Die Neuralgie des Trigemini (Leipzig). — MEYER LEVI. Durchschneidungsversuche des N. Glosso-pharyngeus. (Arch. f. mik. Anat., XLVIII, 1). — NAGEL (W.-A.). Ueber die Wirkung des chlorsäuer Kali auf den Geschmackssinn (Zeitschrift f. Psychol., 235-239). — BERNARD PÉREZ. L'éducation intellectuelle dès le berceau (Paris, Alcan, 35). — PODIAPOLSKY. Expériences avec l'acide des gymnemen (Bull. Labr. Psychol. de Tokarsky. Moscou, 1896). — POIRIER (Indépend. méd., 229). — QUÉNU (Indépend. méd., 238). — RABL (H.). Anatom. Anzeiger, XI, 153. — SZYMONOWICZ-LADISLAS. Ueber den Bau und die Entwicklung der Nervenendigungen im Entenschnabel (Arch. f. mikr. Anat., XLVIII, II, 329-358). — TOMASSINI. Le allucinazioni del gusto ed il loro trattamento con l'acido gymnemico (Archivio di Farmacologia e Terapeutica, 517).

1897. — BLEYER. Essai sur les organes du goût (Laryngoscope, I, 329). — DIXON (FR.). Trajet suivi par les fibres du goût (Edimburg Med. Journal, avril). — EBERSON. Kolorierter Geschmack (Wiener med. Presse, 1541, et C. P., XII, 100.). — EXNER. Ueber die Spitzen der Geschmacksknospen (Akad. W., CVI, 10). — FRANKL-HOCHWART. Innervation du goût (C. P., X, 60). — GOWERS (W. R.). Un cas de paralysie du trijumeau (Edimburgh. med. Journ., janvier 1897). — HOFMANN et BUNZEL. Unters. über den elektr. Geschmack. (A. g. P., LXVI, 215). — KLIPPEL. Des troubles du goût et de l'odorat dans le tabac (Archives de Neurologie, avril). — MAUCLAIRE. Traitement chirurgical de la névralgie faciale (Presse méd., 9 juin, 261). — NAGEL. Ueber Mischgerüche und die Komponentengliederung des Geruchssinnes (Zeitsch. f. Physiol. u. Psych. d. Sinn., XV, p. 82). — OVERTON (ERNST). Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxicologie und Pharmacologie mit besonderer Berücksichtigung der Ammoniak und Alkaloide (Z. p. C., 1897, XXII, 189). — ED. C. SANFORD. A Curse in Experimental Psychology, Part. I, Boston, 47-49, chap. III. — SCHLICHTING. Geschmackslähmungen nach Zerstörung der Chorda tymp. und des Plexus tymp. (Zeitsch. f. Ohrenheilk., XXXII, 388). — ZANDER. Über das Verbreitungsgebiet der Gefühls und Geschmacksnerven in der Zungenschleimhaut (Anat. Anzeiger, XIV, 5).

1898. — AMABILINO. Sui rapporti del ganglio geniculato con la corda del tympano et col faciali. (Il Pisani, cité par TESTUT, Anat., II, 872). — CIPRIANI. Ueber den anästhet. Werth des Béta-Eucains (Therapeut. Monatshefte, juin). — P. EHRLICH. Über die Beziehungen von chemischer Konstitution, Verteilung und pharmakologischen Wirkung. In Vereine für innere Medizin, 12 déc. — GRÄBERG (J.). Beiträge für Genese des Geschmacksorgans des Menschen (Morphol. Arb., VIII, 117-134). — GUINARD. Traitement chirurgical de la névralgie faciale (Soc. de Chir., 5 oct.). — HENSMAN (A.). The Tongue. In A Treatise on Human Anatomy, London, Churchills, 888-889. — HÖBER (R.). et KIESOW (F.). Ueber den Geschmack von Salzen und Laugen (Ztschf. f. physikal. Chemie, XXVII, 601-616). — Intorno al sapore di alcuni sali e di alcune sostanze alcaline (Arch. per le scienze mediche, 90-101). — KALHENBERG (L.). The action of solutions on the Sense of Taste (Bull. Univ. of Wisc., n° 25). — KAHLENBERG. Die Wirkungen der Lösungen auf die Geschmacksempfindung (Amer. Chem. Journ., XX, 120-126). — Bull. Univ. of Wisc., II, 31. — KASTLE (J. H.). Über den Geschmack und die Acidität der Säuren (Amer. Chem. Journ., XX, 466-471). — KIESOW (F.). Schmeckversuche an einzelnen Papillen (Phil. Studien, XIV, 1898, 591-615). — Expériences gustatives sur diverses papilles isolément excitées (A. i. B., XXX, 399-426). — LOVELAND (A.-E.). Study of the organ of Taste (Trans. Amer. Microsc. Soc., XIX). — POIRIER, POTHERAT, SCHWARTZ, RECLUS, REYNIER (Soc. de Ch., 12 oct., anal. in Presse méd., 15 oct., 108). — RAUTENBERG. Beitr. zur Kenntniss der Empfindungs- und Geschmacksnerven der Zunge (Inaug. Diss. Königsberg). — RICHARDS (TH. W.). The Relation of the Taste of acids to their Degree of Dissociation (Amer. Chem. Journ., 121-126). — Die Beziehungen zwischen dem Geschmack der Säuren und ihrem Dissociationsgrade (Amer. Chem. Journ., XX, 121-126). — S. DE SANCTIS et B. VESPA. Modifications des perceptions visuelles sous l'influence des variations gustatives simultanées (Rev. Quind. di fisiol. psych. 15 avril). — SHERRINGTON. Expériences sur la distribution périphérique des fibres des racines postérieures de quelques nerf spinaux (Philos. Trans., CLC, 45-186). — STERNBERG (W.). Geschmack und Chemismus (Physiol. Ges., Berlin, 9 déc., 33-38). — STERNBERG (W.). Beziehungen zwischen den chemischen Bau der süß und bitter schmeckenden Substanzen und ihrer Eigenschaft zu Schmecken. (A. P., 450-484). — ZANDER (R.). Über das Verbreitungsgebiet der Gefühls Gesch-

macksnerven in der Zungenschleimhaut (*Anatom. Anzeiger*, XIV, 131-145). — ZEYNEK (R.) VON. Ueber den elektrischen Geschmack (*C. P.*, 617-621).

1899. — BOERI (G.) et SILVESTRO (R.). Sur le mode de se comporter des différentes sensibilités sous l'action des divers agents (*A. i. B.*, XXXI, 460-464). — BORDIER (H.). Recherches sur les phénomènes gustatifs et salivaires produits par le courant galvanique (*Arch. d'électr. méd.*, 231). — CASSIRER. Ein Fall von multipler Hirnnervenlähmung, zugl. als Beitrag der Lehre von der Geschmacksinervation (*A. P., Suppl.*, 36). — COUVELAIRE et CROUZON. Sur le rôle du voile du palais pendant la déglutition, la respiration et la phonation (*Soc. de Biol.*, 25 nov.). — DIXON. The sensory distribution of the facial nerve in man (*Journ. of Anat. and Physiol.*, XXXIII, 471). — FREY (M. VON) und KIESOW (F.). Ueber die Function der Tast-Körperchen (*Ztsch. f. Psych.*, XX, 126-163). — FRIEDRICH. Observations sur les résultats obtenus par la résection et l'extirpation du ganglion de Gasser. Récidives de névralgies après l'extirpation du ganglion (*Presse méd.*, 22 sept., 216). — GRÄBERG (J.). Zur Kenntnis des cellulären Baues der Geschmacksknospen beim Menschen. (*Anat. Hefte*, XXI, 337-368). Beiträge zur Genese des Geschmackorgans der Menschen. *Morphol. Arbeiten*, VIII, 117. — HEYMANS. Über psychische Hemmung (*Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane*, XXI, 330). — HÖBER (R.). Ueber einige Beziehungen zwischen den Geschmacksqualitäten und dem physikalisch-chemischen Verhalten der Schmeckstoffe (*Biol. Centr.*, XIX, 421-426). — KIESOW (F.). Contribution à la psycho-physiologie de la cavité buccale (*A. i. B.*, XXX, 377-398). — NAGEL (W. A.). Ueber neue Nomenclatur in der vergleichenden Sinnesphysiologie (*C. P.*, XIII, 281-284). — NODET (V.). Les agnoscies. La cécité psychique en particulier (*F. Alcan, Paris*). — PATRICK (G.-F.-W.). On the analysis of perception of Taste (*Univ. of Iowa Stud. in Psychol.*, II, 85-128). — ROLLET (A.). Beiträge zur Physiologie des Geruchs, des Geschmacks, der Hautsinne und der Sinne im allgemeinen (*A. g. P.*, LXXIV, 83-463). — SCHLESINGER (H.). Beitrag für Physiologie des Trigeminus und der Sensibilität der Mundschleimhaut (*Neurol. Centralb.*, XXIII, n° 9). — SCHMIDT (H.). Die Sinneszellen der Mundhöhle von Helix (*Anat. Anz.*, XVI, 577-584). — STERNBERG (W.). Geschmack und Chemismus (*A. P.*, 367-371); et *Ztsch. f. Psychol.*, XX, 386-407). — TESTUT. In *Traité d'anatomie humaine*, III, 4^e édit., 664. — WIERME (E.). Fälle von Hematrophia linguae (*Neurol. Centr.*, n° 18). — ZWARDEMAKER (H.). Tast en Smaakgevaarwordingen bij het Ruiken (Tast- und Geschmackswahrnehmungen beim Riechen) (*Ned. Tydschrift voor Geness Kunde*, I, 113; *Anal. in Zeits. f. Psych.*, XXI, n. 2, 99, 143-147).

1900. — ARNOLD (J.). Die Demonstration der Nervenausbreitung in den Papillae fungiformes der lebenden Froschzunge (*Anat. Anz.*, XVII, 517-519). — V. BECHTEREW. Über die Lokalisation der Geschmackszentren in der Gehirnrinde (*A. P., Suppl.*, 145). — CHATIN. Troubles trophiques et troubles de sensibilité chez les hémiplegiques (*Rev. de Méd.*, 799). — DECROLY (O.). Paralyse faciale double d'origine périphérique (*Jour. de Neurol. belge*, 432). — GOODHART (JAMES F.). An address on acidity (*Lancet*, I, 1-6). — GORCHKOFF. Les centres corticaux du goût (*Conférence de la clinique neuropsychique de Pétersbourg*, 19 mars, *Vratch*, 1125-1126). — A. VAN GEUCHTEN. Un cas de tumeur cérébrale avec autopsie (*Soc. Belge de Neurol.*, 24 fév.). — HÖNIG. Zur Psychophysik des Geschmackssinns (*Inaug. Diss. Leipzig, et Philos. Studien*, XVII, 376). — JULLIAN (H.). Troubles du goût et de l'odorat dans le tabes (Thèse de Paris). — KAHLENBERG (L.). The relation of the Taste of acid salts to their degree of dissociation (*Jour. Phys. Chem.*, IV, 33-39). — KIESOW et NADOLECZNY. Zur Psychophysiologie der Chorda tympani (*Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.*, Leipzig, XXIII, 33-39). — Sur la physiologie de la corde du tympan (*A. i. B.*, XXXIV, 277-288). — MARIAU (A.). Le voile du palais, organe de gustation (*Écho méd. du Nord, Lille*, IV, 52-54 et *B. B.*, 255-256). — MARTINES (C. DE). Recherches sur les troubles du goût et de l'odorat dans la paralysie générale progressive (*Rev. méd. de la Suisse Romande*, XX, 485-423; 452-471). — DI MATTEI. Acuité des sens chez les enfants en relation de l'âge et du sexe (*A. P.*, XXII, fasc. 3). — OSSIPOFF. *Moniteur Neurologique*, VIII, (en russe), 1900, fasc. IX, 11-13). — RICHARDS (W. TH.). Beziehungen zwischen dem Geschmack von Säuren und ihrem Dissoziationsgrads (*Journ. Phys. Chem.*, 207-211). — SIEBERT. Ein Fall von Hirntumor mit Geruchstäuschungen (*Monatschrift für Psychiatrie und Neurol.*, VI). — TALLMANN (R.-W.). Taste and Smell. (*Psychol. Stud.*, 118-139). — TOULOUSE et VASCHIDE. Topographie de la sensibilité gustative de la bouche (*C. R.*, CXXX, 1216-1218). — Méthode pour l'examen et la mesure du goût (*C. R.*, CXXX, 803-805).

1901. — CRAUSTE (J.). *Contribution à l'étude des divisions congénitales de la langue* (Thèse de Bordeaux). — FERRANNINI. *Sur la physiologie du lobe orbitaire* (Riforma Medica, XI, 13 juillet, 134). — FÉRÉ (CH.). *Notes sur la fatigue par les excitations du goût* (B. B., 6 juillet). — FUSARI et PANASCI. *Des terminaisons des nerfs dans la muqueuse et dans les glandes séreuses de la langue des mammifères* (A. i. B., XIV, 240). — KIESOW (F.). *Über Geschmacksempfindungen im Kehlkopf* (Comm. au V^e Congrès intern. de physiologie; A. i. B., XXXVI, 94). — KIESOW (F.) et HAHN (R.). *Beobachtungen über die Empfindlichkeit der hinteren Theile des Mundraumes für Tast, Schmerz., Temperatur- und Geschmacksreize* (Ztsch. f. Psych., XXVI, 5 et 6, 383-417). — *Ueber Geschmacksempfindungen im Kehlkopf* (Ztsch. f. Psych., XXVII, 80-95). — *Sulle sensibilità gustative di alcune parte della retrobocca, e dell' epiglottide* (Giorn. R. Accad. Med. Torino, LXIV, 497-553). — KIESOW et R. HAHN. *Osservazione intorno alle sensibilità alcune parte della retrobocca ed alla sensibilità di esse per il solletico* (Giornale delle R. Acc. di Med. di Torino, n. 4). — KRON (J.). *Neurol. Centr.*, XV, 12. — MANOUELIAN. *La structure de la circonvolution de l'hippocampe* (B. B., 536). — OEHRWALL. *Die Modalitäts- und Qualitätsbegriffe in der Sinnesphysiologie und deren Bedeutung* (Skand. Arch. f. Phys., XI, 256). — PASTROVICH (G. DE). *Paralisi dell'ipoglosso de probabile causa alcoolica* (Rivista sperimentale di Freniatria, XXVII, II, 415-426). — VASCHIDE et MARCHAND. *Anesthésie gustative et hypoesthésie tactile par lésion de la corde du tympan* (B. B., 705-707). — W. NORWOOD EAST. *Physical and moral insensibility in the criminal* (The Journ. of Mental Science, 737). — STERNBERG (W.). *Geschmacksempfindung eines Anencephalus* (Zeitsch. f. Psych., XXIII, 77-79). — VASCHIDE et VURPAS. *Contribution à l'étude psycho-physiologique des actes vitaux en l'absence totale du cerveau chez un enfant* (C. R., CXVI, 116). — *La vie biologique d'un anencéphale* (Rev. gén. des Sc., 373-384, 378).

1902. — BOUCHAUD. *Destruction du lobe sphénoïdal et de la région de l'hippocampe dans les deux hémisphères* (Soc. de Neurol., Paris, 6 fév.). — BIANCHINI-LÉVI. *Langue cérébriforme chez un aliéné épileptique* (Nouv. Iconogr. de la Salpêtrière, 252-257). — BOZO. *Des amputations spontanées de la langue* (Thèse de Paris). — FASOLA (G.). *Contributo clinico alla conoscenza dell' innervazione gustatoria* (Rivista di Patol. nerv. e mentale, VII, II, 49-57). — FONTANA (A.). *Ueber die Wirkung des Eucain B. auf die Geschmacksorgane* (Zeitsch. f. Psychol. und Phys. der Sinnesorg., XXVIII, 253-261). — GORCHKOFF. *Des voies conductrices centrales des sensations gustatives* (Moniteur russe neurol., X, fasc. 1, 2-34). — HERRICK (J.). *The organs and senses of Taste in Fishes* (N. S. Fish. Comm. Bull., 237-272). — KIESOW (F.). *Sulla presenza di calici gustativi nelle superficie linguale dell' epiglottide umana, con alcune riflessioni sugli stessi organi che si trovano nella mucosa della laringe* (Giornale delle R. Accademia di Medicina di Torino, n° 10-11; 18 nov.). — KÖPPE (H.). *Der Salz hunger* (23 Verh. d. Balneolog. Gesells., 8 mars 1902). — MARCHAND (L.). *Développement des bourgeons gustatifs chez le fœtus humain* (B. B., 910-912). — MORAT. *Fonctions d'innervation*. In *Traité de Physiologie*, 175, 680. — STERNBERG (W.). *Ueber das wirksames Princip in den süßschmeckenden Verbindungen das dem süßen Geschmack zu Grunde liegt, das sogenannte dulcigene Princip* (Verh. der physiol. Gesells. zu Berl., 14 nov., 6-9). — VASCHIDE et VURPAS. *Contribution à l'étude de la psycho-physiologie de la corde du tympan à propos d'un cas de paralysie faciale* (Bull. de Laryngol., Otologie et Rhin., V, 169-175). — WERTHEIMER. *Nerf de Wrisberg, nerf intermédiaire* (Art. Facial. Dict. Phys., V, 942). — ZIEHEN (U.). *Leitfaden der physiologischen Psychologie*, 50.

1903. — BIANCONE GIOVANNI. *Contributo allo studio della emiatrofia della lingua* (Riv. Sperim. di Freniatria, XXIX, 189-225). — BISCHOFF. *Jahrbücher für Psychiatrie und Neurologie*, 229. — CHAMBERLAIN (ALEX.-FRANCIS). *Primitive Taste-words* (Amer. Journ. Psych., XIV, 410-417). — FERRIER. *Langue saburrale et albuminurie* (B. B., 814). — FONTOYNONT et JOURDAN. *Glossite et stomatite à streptocoques observées à Madagascar* (Presse Méd., 653). — GAUCHER. *La leucoplasie linguale* (Presse Méd., 493). — GOUDRET. *Le lymphangiome circonscrit de la langue* (Arch. des mal. du larynx, 299-313). — GUILLAIN (G.). *Hemiatrophie der Zunge* (Neurol. Centralbl., XXII, 1, 46). — HARLOW BROOCK. *Un cas de rhabdomyome de la langue* (Proc. of the New-York Med. Soc., mai 138). — HARVEY CUSHING. *The Taste fibers and their independance of the N. Trigemini* (John's Hopkins Hosp. Bull., XIV, 71-78). — KIESOW (F.). *Ein Beitrag zur Frage nach den Reaktionszeiten der Geschmacksempfindungen* (Zeitschrift für Psychol. und Physiol. der Sinnesorg., XXXIII, 176). — KIESOW (F.). *Zur Psychophysiologie der Mundhöhle nebst Beobachtungen über Funktionen des Tast-*

und Schmerzapparates und einigen Bemerkungen über die wahrscheinlichen Tastorgane der Zungenspitze und des Lippenrots (Zeitschrift f. Psychol. und Physiol. der Sinnesorg., xxxiii). — LE MAIR. Des paralysies unilatérales du palais (Th. in. de Paris). — MARCHAND (L.). Mesure des sensations gustatives (Rev. de Psychiatrie et de Psychol. Expér., 1903, vii, iv-6, 245-254). — MUNCH. Des modifications des papilles linguales comme moyen de diagnostic précoce de la scarlatine (Sem. méd., 11 fév., 1903, p. 87). — QUIX (F. H.). Eine neue Methode zur Untersuchung des Geschmackssinnes (Monatschr. f. Ohrenheilk., xxxvii, 12, 572). — SIEDENTOPF. Visibilité et mesure de particules ultra-microscopiques (Arch. des Sc. phys. et nat., 129). — STAHL HERMANN. Ueber die Ausdehnung der Papille und die Frage einer einseitigen « compensatorischen Hypertrophie » im Berichte des Geschmacksgorgans (Arch. f. Entwicklungsmechanik der Org., xvi, 2, 179-199). — STERNBERG (W.). Über das süßende Princip (A. P., 1903). — URBANTSCHITSCH, Über die Beeinflussung subjekt. Gesichtsempf. (A. g. P., xciv, 104). — VASCHIDE (N.). La gustatométrie (Bull. de laryngol. otol. et rhinol., vi, 93-104). — Contribution à la psychophysiologie de la cavité buccale (Bull. de laryngologie, otologie et rhinologie, vi, 1903, p. 15-19). — Un cas d'agésie (Bull. de laryng., otologie et rhinol., vi, 1903, p. 19-25). — VERLUYS (J.). Entwicklung der Columella auris bei dem Lacertiliern. Ein Beitrag zur Kenntniss der schalleitenden Apparate und der Zungerbeinbogen bei den Saurospiden (Zool. Jahrb., Anatomie, xix, 107-188). — ZWAARDEMAKER (H.). Geschmack (In Ergebnisse der Physiol., 699-726).

1904. — BOTEZAT (E.). Geschmacksorgane und andere nervöse Endapparate im Schnabel der Vögel (Biol. Centralbl., xxiv, 722-736). — CECHERELLI (G.). Sulle espansioni nervose di senso nella mucosa della lingua dell' uomo (Anat. Anz., xxv, 56-69). — GARDELLA (ELOISA). Azione dell' acido fenico sulla sensibilità gustativa (Arch. di Fisiolog., 398-403). — GRANJUX. Auto-sectioni linguale (Soc. de méd. lég., 9 nov.). — JEANNIN. Flore buccale du nouveau-né (Soc. Obstétricale de Paris, avril). — KIESOW (F.). Ueber die Tastempfindlichkeit (Zeitschrift. f. Psychol. und Physiol. d. Sinnesorgane, xxxv, 4). — Zur Kenntniss der Nervendigungen in der Papillen der Zungenspitze (Zeitschrift. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., xxxvi, 3-4). — Zur Frage nach den Schmeckflächen des hinteren kindlichen Mundraumes (ibid., xxxvi, 42). — KÖSTER (G.). Eine merkwürdige Störung des Geschmacksempfindung (Neurol. Med. Woch., li, 333-335, 392-397). — LANDAU (H.). Fälle von halbseitiger Atrophie der Zunge. (Deutsche Zeitschrift f. Nerv., xxvi, 11-17). — MOSER (E.). Über die Geschmacksstörungen bei Mittelohreskrankungen (Arch. f. Ohrenheilk., xlviii, 1904, 170-209). — MYERS (C. S.). The Taste-nams of Primitives Peoples (British Journ. of Psych., 1904, xxxv, 268). — NAGEL (W.). Einige Bemerkungen über nasales Schmecken (Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. d. S., xxxv, 4). — PRENANT (A.), MAILLARD (L.). Traité d'histologie, i, 341-343. — STERNBERG. Zur Physiologie des süßen Geschmacks. (Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., xxxv, 81-32). — Der salzige Geschmack und der Geschmack der Salze (A. P., 1904, 483-559). — VASCHIDE (N.). Mesure de la sensibilité gustative chez l'homme et chez la femme (C. R., xxxix, 898-900). — ZIEM (G.). Zur Lehre von der Anosmie, Parosmie und Aguesie (Monatsch. f. Ohrenhk., xxxviii, 461-466).

1905. — BOTTEY (R.). Hygiène du goût et de l'odorat (Arch. Int. de laryng.). — CAMUS (M.) et ERTZBISCHOFF. Tumeur de la langue (Soc. Anatomique, 7 avril). — GRASSET (J.). Des centres nerveux. Paris, Baillière, 484-505. — HÄMELICK. L'asymétrie gustative (Année Psycholog., Paris, xi, vii-695). — HERSIK (J.). The central gustatory paths in the brains of bony Fishes (The Journal of comparative neurol. and psychol., xv, n. 1, sept.). — PARANHOS. Contribution à l'étude de la salive comme moyen de défense naturelle de la bouche (Revista Med. de San Paulo Brésil, n. 2, 25-31). — PAYENNEVILLE. La langue plicaturée symétrique congénitale, dite « langue scrotale » (Th. in. de Paris).

N. VASCHIDE.

GRAISSES. — Historique, généralités. — Le terme générique graisses est entré assez tard dans la taxonomie des corps organiques. Primitivement, le nom de graisse s'appliquait uniquement à l'axonge ou graisse de porc; il s'étendit ensuite à tous les corps analogues fournis par les deux règnes organiques. L'aspect physique intervenait seul alors dans la classification des corps gras (ou paraissant tels) en huiles, beurres, graisses, suifs, cires, etc. On ne tarda pas à pressentir l'étroite parenté de ces corps; mais on continua à confondre dans le même groupement le blanc de baleine, les

cires et mêmes certaines essences, de même que l'on persiste parfois à décrire les vaselines, paraffines et lanolines dans les chapitres consacrés à l'histoire des graisses, bien qu'il n'y ait aucune analogie de composition entre ces divers produits.

En effet, tous ces corps, soumis à un examen superficiel, ne paraissent guère différer entre eux que par le degré de fusibilité. Ils sont insolubles dans l'eau, avec laquelle ils ne peuvent être incorporés que sous forme d'émulsion. Ils se dissolvent sans difficulté dans l'éther, le chloroforme et le sulfure de carbone; liquéfiés, ils tachent le papier d'une façon permanente en le rendant translucide; ils brûlent avec une flamme fuligineuse; enfin ils subissent des modifications comparables quand on les soumet à l'action de certains réactifs.

On comprend sans peine l'impossibilité où se trouvaient les anciens chimistes d'établir sur des bases certaines la constitution de corps que les alcalis seuls peuvent attaquer et que le feu détruit. La question ne pouvait être élucidée que par des méthodes d'analyse rigoureuses qui faisaient complètement défaut à cette époque. On définissait alors l'huile « une espèce de mucilage, si ce n'est que le principe terreux y est beaucoup plus atténué, qu'il y a beaucoup moins d'eau et beaucoup plus de phlogistique que dans le mucilage. L'huile ne se dissout point dans l'eau, parce qu'elle en contient elle-même trop peu; elle s'enflamme à cause de son phlogistique, et elle se dissout de préférence dans l'esprit de vin. Les huiles ont été dans leur immaturité des mucilages; car les noix, les olives, etc., avant qu'elles ne fussent mûres, étaient mucilagineuses; aussi le mucilage lui-même est une huile, mais très atténuée. L'huile n'est pas nourrissante comme le mucilage, etc... » (DESBOIS DE ROCHEFORT. *Traité de matière médicale*, 1789, p. 71, t. II).

BAUMÉ définissait les huiles des suc onctueux gras et inflammables, tirés des végétaux, des animaux et de plusieurs endroits de la terre, se distinguant des suc aqueux par leur inflammabilité et leur non-miscibilité à l'eau. Il leur attribuait comme constituants beaucoup d'acide et de phlogistique, le principe aqueux et le principe terreux entrant dans leur composition en moindre quantité que dans le suc aqueux.

D'après LAVOISIER, les huiles fixes se distinguent des huiles volatiles par un excès de carbone qui s'en sépare quand on cherche à les distiller. Pour lui, les huiles fixes et volatiles contiennent uniquement du carbone et de l'hydrogène : « Peut-être, dit-il, les substances huileuses solides contiennent-elles en outre un peu d'oxygène auquel elles doivent leur état solide. » Ailleurs, LAVOISIER considère les huiles comme de véritables radicaux carbonehydrique ou hydrocarboneux; « car, dit-il, il suffit d'oxygéner les huiles pour les convertir d'abord en oxydes, et ensuite en acides végétaux, suivant le degré d'oxygénation. » (LAVOISIER, *Chimie*, 1793). Le destin ne permit pas à LAVOISIER de continuer ses études sur les corps gras qu'il reprenait sans cesse, avec une obsédante tenacité, car son génie prévoyait bien que la solution de ce problème donnerait la clef de la chimie organique.

C'est évidemment l'étude des savons ou plutôt de la saponification qui pouvait seule permettre de résoudre la question.

Le terme « Savon » dérivé du mot latin *sapo*, dont le radical *sop*, signifie en celtique corps gras, se trouve dans les ouvrages de PLINE. D'après cet auteur, les Gaulois préparaient un savon avec des cendres et du suif (PLINE, XVIII, CXXVIII). On a retrouvé d'ailleurs au milieu des ruines de Pompéi un atelier de savonniers contenant encore des baquets pleins d'un savon préparé au premier siècle de notre ère et conservé intact sous un lit de cendres. Divers auteurs anciens, ATHÉNÉE, AETIUS, les médecins arabes, parlent de produits analogues aux savons.

Pour BAUMÉ, le savon est en général une combinaison formée par l'union d'une matière saline avec une huile. Pour le même auteur, les suc sucrés, les extraits de plantes et des animaux, les sels essentiels des végétaux sont des savons dans lesquels l'huile est rendue miscible à l'eau par la matière saline (*Chimie expérimentale et raisonnée*, 1773).

Quelques années plus tard, SCHEEL (Opuscules, II, 173) étudiant la préparation de l'emplâtre simple par la réaction de la litharge sur divers corps gras, constata la formation d'un corps à saveur sucrée (la glycérine) auquel il donna le nom de *principe doux des huiles* (1779)¹. Cette découverte devait rester stérile jusqu'au moment où CHEVREUL reprit l'étude de la saponification. En effet, FOURCROY crut pouvoir identifier la glycérine

au mucilage et autres impuretés contenues dans les huiles non dépurées. Entre temps, BRACONNOT fit toutefois cette remarque importante que les corps gras étaient constitués par des mélanges en proportions variables de deux substances, un corps gras solide, le *suif*, et un corps gras liquide, dit *oléine*.

CHEVREUL développa et précisa cette observation de BRACONNOT, en établissant que les corps gras naturels sont constitués par le mélange intime, ou la dissolution réciproque de principes immédiats neutres, nettement définis, possédant tous la propriété de donner, par l'action des alcalis et de l'eau, un terme constant, la glycérine, et un sel, ou savon de potasse ou de soude.

CHEVREUL fut ainsi amené à formuler deux hypothèses : ou bien les corps gras étaient comparables à des sels résultant de l'union des acides anhydres avec une glycérine anhydre, ou bien ils étaient composés simplement « d'oxygène, de carbone et d'hydrogène dans des proportions telles qu'une partie de leurs éléments représente un acide gras fixe ou volatil, tandis que l'autre portion, plus de l'eau, représente la glycérine. » (CHEVREUL. *Rech. chim. sur les corps gras*, Paris, 1823, page 450.)

Malgré quelques essais tentés dans la voie synthétique par BERZELIUS, PELOUZE et GÉLIS, REDTENBACHER, la question était encore controversée en 1854, quand parut le mémoire dans lequel M. BERTHELOT mit en lumière la fonction alcool de la glycérine et établit définitivement la constitution des corps gras proprement dits, en réalisant leur synthèse.

Depuis ces mémorables travaux par lesquels BERTHELOT a fondé une science nouvelle, la synthèse organique, on définit les corps gras : *des éthers de la glycérine formés par l'union d'une molécule de cet alcool triatomique et de trois molécules d'acide gras avec élimination de trois molécules d'eau* (algorithme de BERTHELOT).

Les corps gras naturels sont des glycérides tertiaires formés par des acides gras à équivalents élevés.

Propriétés physiques et chimiques des graisses. — Nous allons passer en revue les propriétés physiques et chimiques des corps gras, en insistant sur celles de ces propriétés qui peuvent intéresser plus particulièrement le biologiste.

Les corps gras naturels sont formés par des mélanges en proportions très variables de glycérides incolores, inodores, et peu sapides par eux-mêmes, mais souvent accompagnés par des substances aromatiques et des matières colorantes qui donnent à chaque espèce des caractères organoleptiques particuliers.

Tous ces corps maintenus à une température suffisamment élevée, mais variable pour chacun d'eux, prennent l'état liquide, et sont alors susceptibles de tacher le papier d'une manière permanente, en le rendant transparent (*épreuve dite du papier*). Par refroidissement, le produit fondu prend une consistance de plus en plus ferme, par suite de la cristallisation successive des divers glycérides. C'est en mettant à profit ces propriétés des corps gras que BRACONNOT et CHEVREUL ont effectué les premières analyses immédiates de ces produits, sur la complexité desquels l'analyse élémentaire (dosage du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène) ne fournit aucune indication.

La densité des graisses est toujours inférieure à celle de l'eau. Cette densité, étant donnée la viscosité des produits, doit être déterminée de préférence au moyen de la balance aérothermique de DALICAN.

Tous ces corps se dissolvent facilement dans l'éther ordinaire, l'éther de pétrole, le sulfure de carbone et le chloroforme. Ils sont, en général, fort peu solubles dans l'alcool, mais leurs constituants, glycérine et acides gras, sont très solubles dans ce véhicule. L'alcool concentré ne dissout guère que les huiles fournies par les graines d'euphorbiacées (ricin, croton).

Nous verrons plus loin que la conductibilité électrique, la fluidité et le pouvoir réfringent peuvent servir à la détermination spécifique de certains corps gras.

Les graisses amenées à l'état liquide ne peuvent être incorporées à l'eau que sous forme d'émulsion. La stabilité de l'émulsion est en rapport avec la tension superficielle des deux liquides non miscibles ; c'est ce qui explique pourquoi les savons, la saponine, et certains mucilages permettent d'effectuer plus facilement la préparation des émulsions. Dans l'organisme, la bile et le suc pancréatique jouent un rôle très analogue. Ils amènent les corps gras à un état de division extrême, qui permet aux ferments d'agir comme ils le feraient sur des substances réellement dissoutes.

Les leucocytes, dont le rôle actif dans l'absorption des corps gras est aujourd'hui admis, ne sauraient agir d'ailleurs que sur des particules graisseuses infiniment petites. Le chyle et le lait représentent des types parfaits d'émulsion graisseuse. La question des émulsions présente donc pour le physiologiste une importance extrême. (Voir DUCLAUX, *Le lait*, et le *Traité de microbiologie* du même auteur, II, 535.)

L'histoire chimique des graisses comporterait l'étude préalable de la *glycérine* et des *acides gras*. Nous devons nous borner ici à une simple énumération des principaux constituants des graisses.

La *glycérine*, alcool triatomique, a été découverte par SCHEELE, en 1779. Sa fonction chimique, soupçonnée par CHEVREUL, a été nettement établie par BERTHELOT. Ce corps forme, avec les acides, des mono, bi et triglycérides. C'est à un monoglycéride, la *monobutyryne*, que M. HANRIOT s'est adressé pour mesurer le pouvoir lipasique des liquides organiques.

Les corps gras naturels sont des triglycérides formés par des acides monoatomiques, acides gras proprement dits, appartenant à plusieurs séries.

1° Série des acides saturés, $C^nH^{2n}O^2$, dont le premier terme est l'acide formique, homologue inférieur de l'acide acétique. Les acides de cette série, dont les glycérides se rencontrent le plus souvent dans le règne organique, sont les acides butyrique, caprylique, caproïque, palmitique, stéarique et arachidique;

2° Série des acides $C^nH^{2n-2}O^2$, qui forment les glycérides acrylique, crotonique et linoléique;

3° La série propargylique $C^nH^{2n-4}O^2$, qui fournit les glycérides linolique et linoléique.

Les trois glycérides les plus communément rencontrés dans les corps gras sont la *palmitine*, la *stéarine* et l'*oléine*. Ce dernier corps, la trioléine, constitue l'élément le plus important des graisses liquides à la température ordinaire; il forme la presque totalité de l'huile de pieds de bœuf. L'acide oléique est un isologue de l'acide stéarique; il donne, avec les sels de plomb, un savon soluble dans l'éther. Son caractère d'acide non saturé influe sur la valeur de certains indices analytiques des corps gras. La stéarine donne aux suifs leur consistance particulière, due à la faible fusibilité du glycéride.

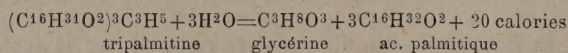
Nous devons rappeler ici que certains corps, les *phosphoglycérites* et les *lécithines*, présentent avec les corps gras des affinités d'ordres multiples que leur constitution chimique fait prévoir. Ces corps paraissent jouer un rôle important dans la synthèse naturelle des principes gras et dans leur métabolisme.

Ces corps seront décrits dans des articles spéciaux de ce dictionnaire.

Les graisses ont un poids moléculaire élevé : une molécule de tristéarine = 890. La chaleur de combustion moyenne des corps gras est voisine de 9 400 calories. 1 gramme de graisse dégage en brûlant autant de chaleur que 2.25 de substance hydrocarbonée, ou de substance albuminoïde (déduction faite de la chaleur de combustion correspondant à la quantité correspondante d'urée). Nous retrouverons l'application de ces notions, quand nous aborderons l'histoire physiologique des graisses.

La principale caractéristique des corps qui nous occupent est, évidemment, leur dédoublement, ou saponification, sous l'influence des agents d'hydratation. Ce dédoublement s'effectue presque instantanément, au moyen de la potasse alcoolique. Il donne comme produit constant la glycérine, tandis que les acides s'unissent à l'alcool pour donner un savon. C'est sur ce savon, ou sel alcalin, à base d'acide gras, que le chimiste dirigera ensuite tous ses efforts, pour déterminer la nature des acides qui éthérifiaient la glycérine.

Le dédoublement des graisses s'effectue suivant une équation de la forme suivante :



Les savons, par leurs relations étroites avec les corps gras, présentent pour le physiologiste un intérêt considérable. Ces corps accompagnent les graisses dans leur migration du tube digestif aux cellules de réserve. C'est par une saponification partielle que débute l'action de la bile sur les graisses. L'émulsion, favorisée par la présence du

savon, met les corps gras dans les conditions physiques favorables à l'absorption, quel que soit, d'ailleurs, le mécanisme intime de cette digestion des graisses. Peut-être même les savons jouent-ils un rôle important dans les synthèses intracellulaires. *L'union des deux constituants des savons se fait avec un faible dégagement de chaleur, condition favorable aux mutations réversibles, aux équilibres de dissociation.*

La solubilité relative de ces corps permet aux acides gras libérés de leur liaison glycérique de diffuser avec la plus grande facilité dans les milieux à réaction neutre ou alcaline. Chaque fois que les acides gras apparaissent dans un tissu, une sécrétion ou une excrétion, on peut supposer que l'apport d'un savon a précédé la mise en liberté d'un acide gras.

Nous verrons plus loin que la saponification des graisses peut être effectuée par certains ferments.

Sous l'influence de la chaleur sèche, les corps gras tendent à se dédoubler en leurs générateurs, mais, l'eau faisant défaut, on obtient de l'*acroléine*, au lieu de glycérine. Les acides gras, eux-mêmes, s'altèrent, et fournissent des acides moins complexes (acide acétique, acide sébacique).

Disons, en terminant cet aperçu des propriétés physiques et chimiques des graisses, que l'extension du terme « gras » à tous les dérivés immédiats des carbures forméniques et éthyléniques, constituant ce qu'on appelle la « série grasse », et l'attribution du vocable « acides gras » à tous les acides monoatomiques de cette série, crée souvent une fâcheuse confusion dans l'esprit de ceux auxquels le langage des chimistes n'est pas très familier. Aussi voit-on souvent appeler indifféremment corps gras, dans les mémoires de physiologie, la glycérine, les acides gras, les savons et les glycérides. L'emploi abusif de ce terme générique ne peut causer que des mécomptes.

Nous croyons devoir donner ici quelques indications sur la diagnose, l'extraction et l'analyse des graisses, avant d'exposer les propriétés physiologiques de ces composés.

Recherche et analyse des graisses. — La présence des graisses dans un tissu peut être constatée au moyen du microscope. Suivant les proportions relatives des divers glycérides solides et liquides, les graisses se présentent sous la forme de gouttelettes réfringentes ou de cristaux se colorant fortement en noir par l'acide osmique et fixant avec ténacité certaines matières colorantes. (Voir plus loin : *Anatomie et histologie de la graisse et du tissu adipeux.*)

Toutes les levures et quelques bactéries dites acidophiles contiennent une forte proportion de matière grasse. C'est à cette particularité que les microbes de la tuberculose, de la lèpre, du smegma, les bactéries acidophiles du lait, du beurre, des excréments, de l'herbe (MELLER) doivent leur pouvoir de fixer les couleurs basiques d'aniline, de telle sorte que les acides ne peuvent ensuite les décolorer.

Quelle que soit la valeur de ces réactions, il faut toujours les contrôler par l'extraction et le dosage de la graisse. S'il s'agit d'un liquide, d'une sérosité au sein de laquelle nagent des globules de graisse, on peut essayer d'enlever ces derniers par simple agitation avec de l'éther sulfurique, ou mieux l'éther de pétrole, dont le pouvoir dissolvant est plus limité. Certains liquides riches en albumine, le lait par exemple, se prêtant mal à ce mode d'épuisement, on pourra avoir recours à la méthode indiquée par ADAM. 10 volumes de liquide graisseux sont additionnés de 22 volumes d'une liqueur éthéro-alcoolique préparée en ajoutant à 1 100 cc. d'éther pur 1 000 cc. d'alcool à 75° ammoniacal (alcool à 90°, 830 cc.; ammoniaque 30 cc.; eau q. s. p. 1 000). Il suffit de décanter et d'évaporer la couche éthérée qui se sépare en entraînant toute la matière grasse. Pour extraire la graisse d'un organe (foie, muscle) nous conseillons de pulper l'organe avec 1 p. 100 de carbonate de soude et de dessécher ensuite la masse en l'additionnant de sulfate de chaux calciné ou de sulfate de soude anhydre. La poudre obtenue est facilement épuisée ensuite par un dissolvant approprié, et la matière grasse ne subit aucune altération. PFLÜGER et ARGUTINSKY, DORMEYER (1896), KUMAGAWA-SUTO, SCHULTZ (1896) conseillent de faire précéder l'extraction à l'éther d'une digestion au moyen du suc gastrique artificiel; ROSENFELD insiste sur l'utilité d'une coction préalable dans l'alcool (*Centr. für innere Med.*, n° 14, 1905, p. 355).

Les corps gras étant isolés, on peut essayer de caractériser les glycérides qui le composent, mais cela exige de longues et minutieuses manipulations. Aussi doit-on se

contenter généralement de déterminer ce qu'on appelle les *indices ou constantes physiques et chimiques* de la graisse isolée : Densité, pouvoir réfringent, indice d'iode (HÜBL), dosage des acides fixes et des acides volatils (indices de HEHNER-REICHERS-MEISSEL), indice d'acétyle (BENEDICK et ULZER), indice de saponification (KETTSDORFER), etc. (Voir *Moniteur scientifique*, juin 1902 et le traité de FERD. JEAN).

L'analyse immédiate des graisses animales ou végétales appelle de nouvelles recherches, car les méthodes employées jusqu'à ce jour pour la séparation et la diagnose des différents glycérides ne présentent aucune garantie. On consultera néanmoins avec profit pour les recherches de ce genre le travail de HEINTZ, dans *Poggendorff's Ann.* CXII, 588.

La caractérisation complète d'une graisse, l'étude du processus de dédoublement, comportent en général la recherche et le dosage rigoureux de la glycérine. On adoptera de préférence pour les recherches de ce genre la technique indiquée par NICLOUX dans ses récentes communications à la Société de Biologie (1902-1903).

Modifications que les graisses subissent sous l'influence des agents naturels. — **Altérations dites spontanées des graisses : siccativité; rancissement. Action des diastases. Lipases.** — Tous les corps gras naturels s'altèrent à la longue au contact de l'air : ils s'acidifient et se décolorent en augmentant de poids : *ils rancissent*. Quand le phénomène se produit rapidement, le corps gras se transforme en une masse solide constituant une sorte de vernis : tel est le cas des huiles siccatives, et plus particulièrement de l'huile de lin.

TH. DE SAUSSURE voyait uniquement dans le phénomène une absorption d'oxygène avec dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène. CLOEZ, qui a précisé ces données dans un travail d'ensemble, admet que toutes les huiles augmentent de poids sous l'influence simultanée de trois agents, l'air, c'est-à-dire l'oxygène, la lumière et la chaleur. Certaines substances activent cette transformation en jouant le rôle de ferments minéraux.

Les conditions favorisant cette modification des huiles ont été plus récemment étudiées par LIVACHE (*C. R. Acad. Sciences*, 3 décembre 1883).

On a pensé que la siccativité de certaines huiles tenait à la présence de glycérides spécialement altérables dans certaines conditions. Les travaux de A. BAUER, K. HAZURA et A. GRUSSNER ont montré en effet que les corps gras siccatifs donnaient tous à la saponification une forte proportion d'acides linoléique, linolique et isolinoléique. (*Zeitschrift für ang. Chemie*, 1888. *Moniteur scientifique*, 1889, p. 129, 135, 492 et 494.)

Le rancissement du beurre et d'autres corps gras est un phénomène analogue. D'après DUCLAUX, le rancissement n'est pas dû à un processus microbien. C'est un phénomène inévitable, une décomposition spontanée des glycérides du beurre, favorisée par la présence de l'eau et l'acidité naturelle du produit. Les glycérides à poids moléculaire le moins élevé, butyrine, caproïne, se décomposent les premiers. Le rancissement spontané des beurres purifiés est extrêmement lent. Il est considérablement activé dès que l'on fait intervenir l'air, la lumière et surtout les végétations cryptogamiques qui souillent ordinairement le produit commercial. Au point de vue chimique, le rancissement se résume dans une oxydation. (DUCLAUX, *C. R.*, CII, 1077, 1886.)

Les recherches plus récentes de RITSERT (*Natur. Wochenschrift*, v, 136) et de J. A. MØEN (*Forschungs Ber.*, 1897, 195) conduisent ces auteurs aux mêmes conclusions. Pour ORLA JENSEN (1901), le principal rôle serait joué par deux microorganismes, l'*Oidium lactis* et le *Cladosporium butyri*. Le premier de ces microbes dédoublerait les corps gras et se nourrirait des produits de décomposition : il existerait presque seul à la surface du beurre rance. L'odeur caractéristique serait due à l'éther éthylbutylique, pour la formation duquel interviendrait plus particulièrement le *cladosporium*.

Il est vraisemblable d'admettre que tous ces phénomènes sont dus aux oxydases contenues dans les corps gras naturels ou secrétées par les microbes qui souillent ces produits. De fait, le beurre stérilisé ou additionné d'antiseptiques s'altère très lentement.

Dédoublement des corps gras par des ferments diastasiques. Lipases. — CLAUDE BERNARD a montré le premier que le suc pancréatique donnait avec les huiles et avec les graisses fondues une émulsion très stable dont l'acidité augmentait progressivement par suite d'une saponification du corps gras.

Il y a là deux phénomènes confondus par CL. BERNARD, l'émulsion et la saponification, que DUCLAUX a étudiés séparément.

C'est grâce à l'émulsion que les graisses peuvent pénétrer dans les lymphatiques, parce que dans cet état spécial leurs particules sont soustraites « aux actions d'adhésion moléculaire qui les maintiendraient au contact des parois, et les amèneraient bientôt à former bouchon sur tous les orifices capillaires. » (DUCLAUX, *Microbiologie*, II, 538.)

Il convenait donc d'analyser ce phénomène complexe en éliminant le facteur émulsion, dont la superposition masque le rôle des diastases. M. HANRIOT a tourné cette difficulté en employant dans ses essais un éther de la glycérine, soluble dans l'eau, la monobutyryne, qui avait déjà servi à CLAUDE BERNARD et à M. BERTHELOT dans leurs recherches sur l'action du suc pancréatique. En dissolvant cet éther dans le suc pancréatique, le sérum sanguin et divers liquides de l'organisme, on constate facilement qu'il se dédouble, tandis que rien d'analogue ne se produit quand on met cette même monobutyryne en présence de l'eau pure ou additionnée de carbonate de soude. Cette activité des liquides organiques s'affaiblit quand on les chauffe à 60°, et cesse quand on atteint la température de 90°. De faibles quantités de liquide organique peuvent décomposer des quantités relativement considérables de glycérine, à la condition de saturer de temps en temps l'acidité, pour que le phénomène ne se limite pas de lui-même. On a donc bien affaire à une diastase. BOURQUELOT a proposé pour ces diastases le terme générique « *Lipases* » auquel les auteurs allemands ont substitué sans raisons le nom de « *stéapsines* ».

Lipases végétales. — Les ferments lipasiques sont très répandus dans le règne végétal. On avait fait autrefois la remarque que la graisse pouvait disparaître dans les graisses oléagineuses; mais l'étude méthodique de cette transformation des glycérines n'a été faite que beaucoup plus tard par GREEN et SIEGMUND, et plus récemment par HANRIOT, dans les graines en train de germer. Le même auteur a étudié le pouvoir lipasique des cultures de *B. pyocyaneus*. CARRIÈRE a fait des recherches analogues sur le bacille de KOCH; GÉRARD et CAMUS ont étudié le *Penicillium glaucum* et l'*Aspergillus Niger*; ARLOING, le *B. hemimicrobiophilus*. Enfin, tout récemment, NICLOUX a étudié les applications industrielles de la saponification biochimique des graisses, au moyen du cytoplasma des graines oléagineuses.

Lipases animales. — La lipase a été décelée par HANRIOT dans les tissus; sa présence dans le sérum a été l'objet de contestations de la part de MORAT, DOYON et ARTHUS. Il ne faut voir dans cette controverse qu'un malentendu créé par l'emploi de techniques différentes. C'est pourquoi il nous paraît inutile de substituer au terme lipase le nom de monobutyrynase proposé par ARTHUS. Le terme générique lipase, créé par BOURQUELOT, doit comprendre sous sa désignation tous les ferments susceptibles de dédoubler les glycérines. La monobutyryne, par sa solubilité et sa facile décomposition, se prête mieux d'ailleurs à des expériences de ce genre que les graisses, ces dernières ne pouvant subir l'action lipasique qu'à la condition d'être émulsionnées. KAST et LÆWENHART ont d'ailleurs repris et confirmé les expériences de M. HANRIOT en employant comme réactif le butyrate d'éthyle.

L'étude physiologique et clinique de la lipase a été faite par HANRIOT et CAMUS, ARRIÈRE, POULAIN, ACHARD et CLERC. Nous empruntons à l'excellent travail de ce dernier sur les ferments solubles du sérum les détails qui vont suivre.

HANRIOT et CAMUS appellent *unité lipasique* ou *unité de lipase*, la quantité de lipase qui met en liberté un millionième de molécule d'acide butyrique en 20 minutes, à la température de 25°.

Technique : On prend un centimètre cube du liquide contenant le ferment; on l'ajoute à 10 cc. d'une solution fraîche de monobutyryne à 1 p. 100; on ajoute de la phtaléine (2 à 4 gouttes au plus pour ne pas retarder la réaction). On sature exactement par le carbonate de soude, on chauffe 20 minutes à 25°; la solution devient acide; on sature à nouveau par une solution titrée de carbonate de soude contenue dans une burette donnant 20 gouttes au centimètre cube. Le nombre de gouttes de cette solution (renfermant 25^{er}, 12 de CO² Na² desséché par litre) mesure l'activité lipasique. Il ne faut pas prolonger indéfiniment la réaction sans saturer par le carbonate de soude, car un excès d'acide butyrique peut entraver le dédoublement (Réaction réversible). On peut constater *in vitro* l'influence de la température, du temps de réaction, de la quantité de

liquide examinée, de la réaction acide ou alcaline du milieu. L'activité croît jusqu'au voisinage de 50° pour décroître très rapidement ensuite, puisque le ferment est à peu près détruit autour de 65°. Un milieu alcalin est nettement favorable, parce qu'il supprime l'action inhibitrice et limitative de l'acide butyrique.

Certaines substances, chloroforme, sulfure de carbone, fluorure de sodium, thymol, acide cyanhydrique, acide osmique, acide salicylique, agissent d'une façon différente sur les diverses lipases (HANRIOT, KAST et LEVENHART).

Nature et réversibilité de l'action. — HANRIOT a montré que l'action de la lipase s'étendait à la plupart des éthers, sauf cependant à ceux de divers acides minéraux susceptibles d'entraver l'action lipasique; les éthers des phénols sont aussi décomposés. Le ferment agit donc sur une fonction chimique, et non sur un corps déterminé. HANRIOT a montré en outre que la lipase semblait se combiner aux acides en donnant des combinaisons peu actives, se dissociant toutefois avec facilité, s'il s'agit d'acides organiques, très lentement dans le cas des acides minéraux.

En résumé, la lipase exerce une action saponifiante et non oxydante; aussi la privation d'oxygène n'exerce-t-elle aucune influence *in vitro*.

La réversibilité de l'action, phénomène capital au point de vue de ses conséquences physiologiques, a été nettement démontrée par HANRIOT.

On peut rapprocher la lipase de certains oxydes métalliques qui forment avec des acides organiques des sels dissociables; ces oxydes décomposent du reste la monobutyryne; les sels de fer, d'alumine et de zirconium présentent cette particularité. Ce fait a conduit HANRIOT à penser que les sels de fer joueraient probablement vis-à-vis des lipases le même rôle que le manganèse vis-à-vis des oxydases.

L'activité lipasique d'un même liquide, le sérum par exemple, est constante pour un même animal placé dans des conditions physiologiques rigoureusement déterminées.

Par contre, les lipases de diverses origines ne paraissent pas se conduire d'une façon identique vis-à-vis des glycérides. L'influence du milieu, de la température et des autres conditions expérimentales se fait sentir d'une façon différente sur telle ou telle lipase.

HANRIOT se base sur des faits de ce genre pour conclure à la non identité de la sérolipase et de la pancréatinolipase. DUCLAUX et EFFRONT ont contesté le bien fondé de ces déductions.

Origine de la lipase. — On semble admettre aujourd'hui l'origine leucocytaire des divers ferments. On sait en effet que les poisons cytolytiques et la pilocarpine, excitateur général des sécrétions glandulaires, exaltent l'activité du sérum; tandis que les intoxications chroniques amènent un ralentissement considérable de cette fonction.

On sait également que les globules blancs ont la propriété d'englober les particules graisseuses, comme POULAIN l'a montré dans son étude des ganglions lymphatiques du mésentère au cours de la digestion.

Par contre, certains faits plaident contre l'influence exclusive des leucocytes. C'est ainsi que le sérum et le plasma ont la même activité, et qu'il n'y a aucun rapport entre le pouvoir lipasique d'un sang et le nombre de leucocytes qu'il contient (A. CLERC).

On peut donc simplement dire que la lipase semble tirer son origine d'un processus général de cytolysse.

Rôle physiologique de la lipase dans l'organisme animal. — La réversibilité de l'action lipasique a permis à HANRIOT de considérer la lipase comme un agent régulateur de la proportion des graisses circulant dans l'organisme. Le même ferment, suivant les besoins, saponifie les graisses ou en opère la synthèse. Chez le fœtus, la lipase apparaît en même temps que les graisses.

D'ailleurs, rien ne peut faire varier la fixité de ce pouvoir lipasique, ni l'apport de graisses par un procédé quelconque, ni la suppression totale de cet apport.

HANRIOT définit ainsi le rôle de la lipase : « au moment de la digestion, les acides gras arrivent en abondance dans le sang; la lipase les combine et les fixe à l'état de graisses; pendant le jeûne, ces acides diminuent et la même lipase reprend la graisse déposée et la solubilise. »

Les dernières observations sur la réversibilité des actions lipolytiques, dont le processus lipasique constitue le premier stade, sont dues à H. POTTEVIN (C. R., 1903, n° 19, 11 mai). Dans une communication précédente cet auteur avait étudié le méca-

nisme des actions lipolytiques et cherché la cause des différences constatées entre l'action *in vitro* et l'action *in vivo*. Dans le sang, les graisses disparaissent rapidement; les choses se passent comme s'il existait dans les vaisseaux un agent révélateur ou excitateur de la lipase. En effet, l'expérience montre qu'en faisant agir d'une part le suc pancréatique seul, d'autre part le suc pancréatique mêlé au sérum, l'action lipolytique est incomparablement plus active dans le second cas; ainsi, après 3 et 24 heures de réaction, l'extrait pancréatique, agissant sur 15 grammes d'huile, met en liberté une quantité d'acide gras correspondant à 1/2 centimètre cube et à 1 cc. 5 de potasse décimale. Le même extrait dissous dans du sérum libre des quantités d'acide correspondant respectivement à 24 cc. en 3 heures, et à 139 cc. en 24 heures. Il est à remarquer que le sérum bouilli ou privé d'albuminoïdes agit comme le sérum neuf, ce n'est donc pas à la sérolipase, mais plutôt aux matières minérales du sérum qu'il faudrait rapporter l'action accélératrice de la pancréaticolipase observée dans ces expériences. Ce fait explique pourquoi les corps gras disparaissent rapidement du torrent circulatoire. Ils doivent fixer la lipase pancréatique au moment de leur émulsion dans le tube digestif; ils trouvent ensuite dans le sang les conditions qui peuvent favoriser leur dédoublement. L'action favorisante du sérum sur les amylases animales (salivaire et pancréatique), mise en lumière par SIDERSKY, serait un phénomène de même ordre. (H. POTTEVIN, *Mécanisme des actions lipolytiques*, C. R., 23 mars 1903.)

Nous avons parlé plus haut des objections faites par DOYON et MORAT et par ARTHUS aux expériences de HANRIOT. On trouvera les documents intéressants cette polémique dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie* (1902 et 1903). Les dernières communications de MORAT et DOYON (B. B., juin 1903) reproduisent intégralement les conclusions formulées depuis plusieurs années par M. HANRIOT; elles n'apportent aucun fait nouveau, et établissent simplement, ce qu'il était facile de prévoir d'après les données de la thermochimie, que les ferments lipasiques agissent sur un éther avec d'autant moins d'énergie que cet éther a été formé avec un plus grand dégagement de chaleur. Une autre objection tirée de ce fait que la glycérine n'avait pas été décelée dans les expériences de digestion lipasique *in vitro* et *in vivo*, objection qui visait simplement l'imperfection de nos méthodes analytiques, tombe d'elle-même depuis les travaux de NICLOUX. On possède maintenant une méthode permettant de doser rigoureusement de très petites doses de glycérine; cette méthode a permis à NICLOUX de démontrer la présence de la glycérine dans le sang. Comme on l'a dit à propos de l'absorption des graisses, le dosage rigoureux de la glycérine permettra seul d'élucider le mécanisme de l'utilisation des corps gras. Tous les travaux faits jusqu'à ce jour présentent la même lacune expérimentale et appellent de nouvelles observations dans le sens que nous indiquons.

Nous bornerons là cet aperçu préliminaire sur le dédoublement fermentatif des graisses. question à peine ébauchée à l'heure actuelle, nous réservant de traiter ce sujet avec plus d'ampleur aux articles *Lipase*, et *Nutrition* (métabolisme des graisses) où seront également reprises, avec tous les détails qu'elles comportent, les notions concernant la formation, la digestion et l'utilisation des graisses. Nous donnerons cependant dans ce chapitre un rapide exposé du rôle des graisses dans le règne végétal et dans le règne animal.

Les êtres animés n'utilisent pas toutes les substances qu'ils introduisent dans leur organisme, pour l'entretien des différentes fonctions dont l'ensemble constitue la vie. Ils sont encore capables de transformer et d'emmagasiner certaines de ces substances qui, ainsi isolées, deviennent de véritables provisions nutritives et d'importantes réserves. Parmi ces réserves, une des premières places appartient à la graisse. On la retrouve, en effet, en plus ou moins grande abondance, emmagasinée dans certaines cellules végétales et dans certaines cellules animales.

De plus, l'être vivant n'amasse pas seulement de la graisse pour lui-même, mais encore pour l'individu qui dérive de lui : le végétal en accumule dans le fruit (graine oléagineuse), qui, détaché de lui, donnera naissance à un autre végétal de même espèce; de même l'animal ovipare en emmagasinera dans l'œuf (jaune d'œuf), qui servira au développement d'un autre animal de même espèce. S'il n'en est pas ainsi chez l'animal vivipare, c'est que l'ovule, une fois fécondé, se greffera sur l'organisme maternel,

et lui empruntera toute la graisse dont il a besoin au cours de son développement.

Graisses végétales. — Dans les cellules végétales, les masses de réserve sont constituées par des cristaux de protéine, des grains d'aleurone, des hydrates de carbone (amidon, sucre) et aussi par de la graisse.

La graisse végétale est, dans la majorité des cas, incluse dans des cellules; elle se présente, au microscope, sous des aspects différents. Liquide, elle est constituée par une série de gouttelettes plus ou moins volumineuses, contenues dans les mailles du réticulum protoplasmique. Elle forme alors une huile grasse, et se retrouve en abondance variable, principalement dans les graines oléagineuses. Solide, elle forme des masses amorphes, de consistance plus ou moins molle, auxquelles on donne le nom soit de *suif* (graine de *Stillingia sebifera*), soit de *beurre* (*Peckea butyrosa*), soit enfin de *cire* (graine de *Rhus succedaneum*).

La graisse végétale, figée à la température ordinaire, apparaît comme un mélange de substances fluides et solides. La partie solide est surtout composée de cristaux qui, presque toujours aciculaires, sont isolés ou réunis en groupes. Dans certaines graisses (*beurre de muscade*), ou dans les graisses rances, ces amas cristallins sont assez gros pour être visibles à l'œil nu. Ces diverses formations cristallines ne sont autre chose que des acides gras libres. Si l'on chauffe la graisse sur le porte-objet du microscope jusqu'au point de fusion, on voit, par le refroidissement, se reformer dans la masse des granulations amorphes. A ce moment, les acides gras recristallisent et se disposent à nouveau, le plus souvent, sans forme d'aiguilles. Toutefois de certaines graisses fondues, de celle de l'*Astrocaryum vulgare* en particulier, on voit se séparer des cristaux en tablettes, formes cristallines qui n'existaient pas dans la graisse avant sa fusion. Dans les graisses solides, pauvres en huile, la graisse liquide affecte la forme de gouttelettes; dans les graisses riches en huile, elle se présente comme une substance fondamentale, dans laquelle on retrouve en suspension des cristaux et des grains amorphes. Souvent une masse grasseuse liquide ne paraît pas homogène, et, s'il en est ainsi, c'est qu'elle renferme des gouttelettes plus fortement réfringentes que les autres.

Dans l'huile de palme, dans celle de l'*Astrocaryum vulgare*, les gouttes grasseuses présentent une coloration rouge. Dans nombre d'autres huiles, elles ont une coloration jaune, parfois verdâtre. Quand la graisse est vieille, elle a un aspect blanc un peu terne. L'huile végétale est parfois incolore (*huile d'olives*), parfois même d'un blanc pur (*huile de noix de coco*).

La substance colorante des graisses végétales, qui offre des teintes variées, est tantôt dissoute dans l'huile liquide; tantôt elle se montre, à l'examen microscopique, sous forme de granulations inter ou intracellulaires.

Nos connaissances sur l'apparition et le mode de formation de la graisse dans les cellules végétales sont actuellement assez restreintes. On sait cependant que la graisse végétale peut provenir d'une transformation des hydrates de carbone (amidon, glycose, cellulose) ou d'un dédoublement, d'une dissociation des matières albuminoïdes. Quant aux phénomènes intimes qui se passent dans le protoplasma et qui aboutissent à l'élaboration de la matière grasse, ils sont complètement inconnus. Les recherches de LUCA sur la production et la résorption de la mannite dans l'olivier nous ont cependant appris que l'élaboration de l'huile dans le péricarpe de l'olive coïncide avec la disparition de la mannite qui s'était accumulée dans les feuilles de l'arbre.

Comme les hydrates de carbone, les matières grasses s'accumulent dans les graines et dans les fruits, et c'est dans ces formations qu'elles constituent véritablement des réserves. On peut en retrouver, en beaucoup moins grande abondance toutefois, dans les parties souterraines de certains végétaux, dans celles de l'arachide (*Cyperus esculentus*) et dans presque tous les tissus des plantes phanérogames et cryptogames.

D'une manière générale, les graisses végétales s'accumulent dans les tissus et organes où elles ont été élaborées; elles restent incluses dans les cellules qui constituent ces tissus et organes. Cependant elles sont susceptibles de transsuder et de venir, par un mécanisme jusqu'à présent inconnu, s'étaler, sous forme de couches, plus ou moins épaisses, dans certaines parties de la plante. Un phénomène de transport de ce genre s'observe dans les semences du *Sapinum sebiferum*, qui fournit le *suif de Chine* du commerce. D'après R.-H. SCHMIDT, le passage de la graisse au travers des parois

cellulaires est favorisé par la présence, dans ces dernières, d'un corps particulier qui, en s'unissant aux acides gras, forme avec eux une sorte de savon.

Suivant le moment et la région où ils se développent et s'accumulent, les corps gras jouent un rôle très différent dans la vie de la plante. S'ils se forment dans l'enveloppe charnue d'un fruit à noyau pendant sa maturation (*Olivier*, *Elacis*, *Peckea*), ou dans le tégument de la graine (*Stillengia*), ils sont désormais sans utilité pour la nutrition et le développement de la plante qui les a élaborés. Ils ne subissent en effet, dans les cellules, aucune transformation ultérieure, et vont grossir la masse des substances éliminées. Il en est de même pour les corpuscules huileux qui se forment dans la tige, les feuilles et les poils radiaux des *hépatiques*. Il en est, par contre, tout autrement, si, comme c'est de beaucoup le cas le plus général, ils s'amassent soit dans les organes de végétation, soit dans l'amande des grains, soit dans les spores, soit enfin dans les ovules, au moment où ces divers organes passent de la vie latente à la vie active. Ils constituent alors de véritables réserves, qui seront utilisées au moment du réveil de la végétation et au moment de la germination.

En effet, pendant la germination des graines ou des spores oléagineuses, le protoplasma végétal élabore une substance azotée, neutre, soluble, qui possède la propriété d'émulsionner les matières grasses et de les dédoubler, avec fixation d'eau, en glycérine et en acide gras. Ainsi dissociés, ces deux corps subissent une série de transformations : ils s'oxydent, et, par une série d'intermédiaires encore inconnus, ils donnent finalement naissance à divers hydrates de carbone, en particulier à des grains d'amidon.

Les diverses réserves nutritives que renferment les tissus végétaux (aleurone, amidon, sucre, graisse), quoique chimiquement différentes, sont donc susceptibles de se substituer les unes aux autres. Les fruits de la plupart des graminées, par exemple, contiennent de l'amidon; dans certains cas particuliers, l'amidon se trouvera remplacé par de l'huile, c'est-à-dire par une graisse végétale. Dans les feuillets germinatifs de la *balsamine* (*Impatiens Balsamina*), la substance amylacée de réserve est accumulée dans la paroi de la cellule, qui se trouve ainsi considérablement épaissie; dans d'autres espèces de la même famille, les cotylédons ont de minces parois, mais leur protoplasma est surchargé d'huile.

D'autres observations faites sur la constitution des graines ont démontré la réalité et la généralisation de cette substitution. En se rappelant que la densité de l'amidon est de 1,56, tandis que celle de la graisse n'atteint que 0,91, on comprendra que les plantes aquatiques possèdent des semences riches en amidon, qui les rend plus lourdes, tandis que les graines des plantes aériennes renferment surtout de la graisse, qui les allège considérablement. *L'adaptation au milieu dans lequel doivent se faire le transport et la germination, a déterminé des variations dans la composition et la nature des provisions de réserve.*

Ces mêmes variations s'observent encore pendant les premières phases de la germination. A l'état de repos, une graine, qui renferme 32 gr. 55 de graisse et 0 gramme d'amidon, contiendra, sept jours après la fécondation, 17 gr. 09 de graisse et seulement 8 gr. 64 d'amidon. De même, à l'époque de la maturité de certains fruits, on peut voir l'huile se former aux dépens du glycose, comme dans l'endosperme du *Ricinus*, ou aux dépens de l'amidon, comme dans l'endosperme du *Pæonia*. FLEURY a constaté qu'une certaine quantité de matière grasse disparaît pendant la germination et est remplacée par de la dextrine, du sucre et de la cellulose. L'agent de ces transformations est encore inconnu; on tend à admettre qu'il est de nature protéique, comme la diastase.

Les matières grasses de réserve concourent donc au développement du jeune végétal issu de la graine; nous retrouvons le même phénomène au cours du développement du jeune animal chez les ovipares. Les graisses s'accumulent dans la graine, comme elles s'accumulent dans l'œuf.

L'huile est de plus susceptible, comme l'a montré VAN TIEGHEM, d'être utilisée par certaines plantes. Elle renferme, en effet, de l'oxygène et de l'azote dans des proportions comparables à celles où ces deux gaz se trouvent mélangés dans l'atmosphère. C'est à cette composition qu'elle doit la propriété de pouvoir entretenir la vie et assurer le développement et la reproduction de divers champignons inférieurs, tels que le *Saccha-*

romycès olei, le *Penicillium glaucum*. Ces végétaux sont capables d'absorber l'oxygène contenu dans l'huile; ils jouissent ainsi d'une propriété particulière que ne possèdent pas ceux qui sont plus élevés qu'eux dans la série.

Les protorganismes se prêtent particulièrement bien à l'analyse des phénomènes d'absorption, d'utilisation et d'excrétion. C'est ainsi que les travaux de LABORDE et ceux de MACÉ sur une levure spéciale, l'*Eurotiopsis Gayoni*, ont montré que ce végétal n'assimile pas directement les hydrates de carbone, les albumines et les graisses, mais qu'il les dédouble au préalable au moyen de ses diastases pour les amener à un groupement relativement simple, l'alcool, avant de s'assimiler leurs éléments. MACÉ, étendant ses recherches aux graines en germination, a montré que les réserves hydrocarbonées et oléagineuses étaient consommées par la plantule à la suite de transformations analogues aboutissant à l'alcool et à l'aldéhyde. Ce dernier corps n'a pas été isolé; mais la réaction aldéhydique du protoplasma végétal a été nettement mise en évidence par J. REINKE, O. LOEWE et TH. BOKORNY. Les cellules des microbes sont donc tout à fait assimilables sur ce point à celles des végétaux supérieurs. Nous ne sommes même pas éloignés de croire que la réaction réductrice du protoplasma cellulaire animal, mise en évidence par ARMAND GAUTIER, ne soit due à un processus analogue. Quoi qu'il en soit de cette dernière conception, il paraît nettement établi que le passage de l'une à l'autre des réserves hydrocarbonées, graisse et fécule, est précédé d'une destruction complète de ces molécules.

Certains microbes produisent de la graisse sans qu'il soit possible de déterminer aux dépens de quels corps a lieu cette formation. On connaît le microbe de la maladie appelée *graisse des vins*, mais le processus lipoformateur de cette fermentation est absolument inconnu. Certains microrganismes, les levures en particulier, contiennent jusqu'à 5 p. 100 de matières grasses. Le globule de levure en vieillissant s'enrichit en graisse à tel point que le taux de cette dernière peut s'élever à 13, 22, 32 et même jusqu'à 52 p. 100 dans les levures conservées de longues années dans la bière. Cette graisse est toujours accompagnée de lécithine et de cholestérine. La présence à peu près constante de ces deux derniers éléments dans les cellules productrices de graisse laisse supposer qu'ils doivent entrer comme facteurs normaux dans les équations synthétiques ou analytiques qui président à la genèse et à la destruction des corps gras.

On sait que certains bacilles, dits *acidophiles* ou *acidorésistants*, doivent leurs propriétés chromatiques spéciales à la présence de graisse et de lécithine dans leur protoplasma. Tels sont les bacilles de la tuberculose, de la lèpre et du smegma; les bacilles acidophiles du beurre, de l'herbe, de la tuberculose de l'orvet décrits récemment par MËLER. NËGELI et LËW ont également montré que les champignons inférieurs formaient de la graisse pendant leur vie végétative (*Journal für praktische Chemie*, XXI, 97, 1880. Résumé in *Rev. des sc. méd.*, xvi, 46, 1880).

La plante élabore tous ses principes constitutifs par synthèse totale en partant des éléments, l'eau et l'acide carbonique, qui constituent les apports étrangers, aux dépens desquels l'organisme s'assimile l'hydrogène et le carbone pour constituer les substances hydrocarbonées, les hydrates de carbone plus ou moins condensés et les graisses. La plante doit ensuite subvenir d'une façon plus ou moins directe à l'alimentation de tous les animaux. C'est donc chez elle que l'on doit étudier d'abord la genèse des graisses. On s'adressera ensuite aux animaux inférieurs, aux larves d'insectes, aux mollusques, avant d'aborder l'étude des mêmes phénomènes physiologiques chez les animaux supérieurs, beaucoup moins malléables pour l'expérimentateur. Comme nous le verrons plus loin, les expériences faites sur ces derniers sujets laissent toujours place aux interprétations les plus contradictoires.

Graisses animales. — Comme la cellule végétale, la cellule animale est capable d'élaborer et d'accumuler de la graisse; en se réunissant les unes aux autres, les cellules animales, surchargées de graisse, constituent pour l'organisme de véritables réserves.

ANATOMIE ET HISTOLOGIE COMPARÉES DE LA GRAISSE ET DU TISSU ADIPEUX.

Les données rassemblées par les naturalistes et les histologistes permettent aujourd'hui, sinon d'exposer d'une manière complète, tout au moins d'esquisser l'anatomie et l'histologie comparées de la graisse et du tissu adipeux.

Les animaux, placés aux plus bas échelons de la série, ne possèdent pas de réserves graisseuses dans leurs tissus. On trouve cependant quelques fines gouttelettes de matière grasse dans le protoplasma des *Infusoires* et dans les cellules épithéliales de l'intestin de nombre d'*Invertébrés*, de celui des *Turbellariés* en particulier (VON GRAF). Mais ces substances représentent des matériaux d'absorption et non d'élaboration.

L'absence de graisse chez les *Cœlentérés* s'explique par la raison qu'ils sont dépourvus de feuillet moyen; la graisse animale se localise en effet dans les cellules du mésoderme, qui concourt à la formation des tissus de soutien et de nutrition.

Chez les *Spongiaires*, les *Échinodermes*, dont le tissu conjonctif acquiert un développement assez marqué, les cellules conjonctives se chargent de granulations, mais celles-ci ne sont pas de nature graisseuse.

C'est dans l'organisme des *Vers* qu'on voit apparaître les premières réserves graisseuses: LEYDIG constate, en effet, la présence de graisse dans les tissus de certains groupes de la famille des *Lombrics* (*Phreoryctes Menkeanus*) et dans ceux de certains groupes de la classe des *Hirudinées* (*Pisciola*, *Clepsine*).

Le tissu adipeux véritablement développé se montre chez les *Arthropodes*. Chez quelques *Crustacés* (*Astacus fluviatilis*), il forme des amas plus ou moins volumineux, disséminés dans la cavité générale du corps. Chez ces mêmes animaux, certaines cellules d'origine entodermique sont susceptibles d'élaborer de la graisse: on en retrouve, en effet, disposée sous forme de fines gouttelettes, dans l'épithélium de la glande digestive, que l'on considère comme représentant le foie.

L'organisme des *Insectes* est riche en réserves graisseuses, et celles-ci sont d'autant plus abondantes que l'animal est à une période moins avancée de son évolution. Si l'on étudie le tissu conjonctif de la larve, avant qu'il y ait eu métamorphose ou métabolisme, on voit qu'il est formé par des éléments cellulaires, juxtaposés les uns à côté des autres, et dont les principaux sont des cellules migratrices (amibocytes), des œnocytes, des cellules excrétrices et enfin des cellules adipeuses. En s'agglomérant les unes contre les autres, ces cellules forment une masse, le *corps adipeux*, qui remplit presque en totalité la cavité générale du corps.

BERLESSE a pu suivre, chez un *Diptère* (*Calliphora erythrocephala*), l'évolution de la cellule adipeuse. Peu après la naissance de la larve, les cellules adipeuses sont d'assez faibles dimensions: l'acide osmique ne décèle dans leur protoplasma que quelques granulations graisseuses encore rares et de très petite taille. Bientôt la cellule grossit, et les particules graisseuses augmentent en nombre et en dimensions. De grandes vacuoles apparaissent, principalement dans les cellules adipeuses de la région céphalique. Le corps de la larve devient de plus en plus blanc, à mesure que s'accroît l'émulsion contenue dans son tissu adipeux. Lorsque la larve a cessé de se nourrir et a fait toutes ses provisions nutritives, les cellules adipeuses sont fortement brunies par l'acide osmique: le protoplasma de chaque élément forme un fin réseau, dont la disposition varie quelque peu suivant les régions du corps que l'on examine. Il est plus fin et plus régulier dans les cellules de l'abdomen; les vacuoles sont plus grandes dans celles qui avoisinent la portion céphalique. A cette période de l'évolution, le tissu adipeux est véritablement constitué: il forme, à droite et gauche du corps, deux colonnettes irrégulières, assez développées, mais toujours moins développées chez des larves carnivores. Les masses adipeuses sont particulièrement abondantes dans les larves des insectes végétariens, les *Lépidoptères* par exemple. Dans toutes les espèces, le tissu adipeux est accumulé, chez la larve, sous forme de réserves utilisables pendant la phase nymphale, et les cellules différenciées qui le constituent méritent à juste titre le nom de trophocytes que leur a donné BERLESSE.

Avant le début de la nymphose proprement dite, à ce stade qu'on peut appeler *stade de la larve mûre*, l'insecte a déjà cessé de se nourrir; il se passe dans son organisme des modifications qui ont pu être analysées. L'acide osmique, par exemple, noircit moins les cellules de réserve, surtout celles de la région antérieure. Au sein du protoplasma des éléments apparaissent de petites sphères d'aspect très réfringent, de structure finement granuleuse et se colorant en violet par l'hématéine. On les voit bientôt emplir toute la cellule, entourer complètement le noyau, mais elles respectent toujours une zone étroite de protoplasma autour de lui.

Quant à la formation des enclaves intracellulaires, BERLESSE en a donné l'explication suivante. Autour des cellules adipeuses, l'auteur a constaté l'existence de plages formées par une substance finement granuleuse, qui pénètre, à travers la membrane, dans l'intérieur même des éléments. Cette substance ambiante se trouve donc absorbée peu à peu par la cellule adipeuse, qui, après avoir accumulé de la graisse, acquiert des réserves d'un autre genre, telles que du glycogène et des substances albuminoïdes en voie de transformation. Primitivement irrégulières, les granulations deviennent ovoïdes, puis sphériques. Quant aux substances albuminoïdes de réserve, qui viennent se surajouter à la graisse et qu'on trouve répandues dans la cavité générale du corps à partir du moment où la larve cesse de se nourrir, elles sont très probablement le résidu de l'histolyse que subissent à ce moment les muscles. La transformation des cellules adipeuses est plus précoce dans la région céphalique, comme d'ailleurs celle des muscles dans la même région. On est amené à supposer que la substance albuminoïde du muscle, liquéfiée et digérée par les humeurs du liquide cavitaires, peut-être sous l'action des ferments du tube digestif (?), passe, par pression osmotique, dans les cellules de réserve où elle subit la fermentation et l'organisation décrites ci-dessus.

Tous ces phénomènes commencent d'assez bonne heure et se rapportent plutôt à la phase larvaire qu'à la phase nymphale; toujours est-il que le tissu de réserve, chez la nymphe, bourré de granulations albuminoïdes, est, une fois constitué, d'aspect fort différent de celui qui se rencontre chez la larve. La membrane des cellules adipeuses subsiste pendant toute la nymphose.

Quant au tissu adipeux larvaire, on s'est demandé s'il subsistait chez l'insecte adulte. BERLESSE l'admet et étend cette conclusion à tous les ordres d'insectes, en l'appuyant sur de nombreuses observations personnelles. ANGAS, auquel nous empruntons tous ces détails, ne considère pas le fait comme constant. Cette persistance du tissu adipeux larvaire comme tissu n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire; son rôle physiologique est d'accumuler des réserves pour la période du jeune nymphal et pour l'édification d'organes nouveaux.

Quoi qu'il en soit, la masse adipeuse, dont nous venons de suivre l'évolution au cours des métamorphoses, se retrouve chez les insectes adultes. Elle acquiert chez certaines espèces, les *Arachnides* par exemple, un développement assez marqué et présente des modifications dans sa constitution histologique. Chez *Periplaneta orientalis*, elle est formée par plusieurs sortes d'éléments : on trouve, dans la région centrale, des *cellules excrétrices*, dont le protoplasma est chargé d'amas d'urate de soude; de même on observe des cellules, dites *cellules bactérioides*, remplies de corps en bâtonnets avides de matières colorantes et représentant vraisemblablement des tablettes cristallines de substances albuminoïdes de réserve. Ces différents éléments, décrits pour la première fois par LEYDIG, sont entourés par de volumineuses cellules, dont le protoplasma est surchargé de graisse. La graisse se présente sous forme de gouttelettes, de volume variable, incluses dans les mailles du réticulum protoplasmique qu'entoure une mince membrane cellulaire. Ainsi formé, le *corps adipeux* a été considéré par quelques observateurs comme un organe d'excrétion; il n'a pas été possible cependant jusqu'à présent de constater la présence d'un conduit excréteur. Sa surcharge en graisse doit plutôt le faire considérer comme une provision de réserve. WEISMANN a pu, d'ailleurs, chez *Leptodora hyalina* adulte, constater dans les cellules des corps adipeux la formation de grains albuminoïdes et de gouttelettes grasses peu de temps après l'ingestion d'aliments.

Chez d'autres insectes (*Lampyre*, *Luciole*), le tissu du corps adipeux mérite de prendre le nom de *corps photogène*. Dans certains des amas cellulaires qui le constituent, la graisse coexiste avec des granulations particulières représentant probablement un ferment, auquel on a donné le nom de *luciférine*. Ce ferment décompose la graisse et lui donne l'éclat phosphorescent qu'on observe plus particulièrement chez les femelles des espèces précitées.

Les *Mollusques*, riches en tissu conjonctif, possèdent cependant peu de graisse dans leur organisme. Chez certaines espèces, les *Gastéropodes* tels que *Helix pomatia*, les cellules adipeuses voisinent, dans la cavité générale du corps, avec les cellules du tissu fibro-hyalin décrites par RENAULT. Vers la fin de l'automne, on retrouve des cellules

adipeuses jusque dans la musculature du pied. Ces provisions nutritives diminuent d'ailleurs pendant le sommeil hivernal.

C'est chez les *Vertébrés* que les réserves de graisse acquièrent leur plus grand développement; on les rencontre dans la profondeur et, chez les *Mammifères*, également à la surface, au-dessous du tégument.

Chez les larves de *Petromyzon*, chez l'*Ammocète*, la graisse apparaît dans les cellules du tissu conjonctif péri-axial et s'accumule en plus ou moins grande abondance dans l'arachnoïde.

D'une façon générale, les lobules adipeux se présentent sous la forme d'amas d'un blanc nacré, appendus à la face dorsale et échelonnés dans l'intérieur de la cavité abdominale. Ils sont surtout développés au voisinage des reins et des capsules surrénales, qui disparaissent plus ou moins au milieu d'eux. Ces amas graisseux correspondent au tissu de remplissage que nous avons rencontré chez les *Invertébrés* et en particulier chez les *Arthropodes*. LEYDIG a remarquablement montré les homologues de structure et de disposition que présentent toutes ces formations.

Les *Poissons* possèdent de la graisse dans leur cavité orbitaire et dans leur cavité encéphalique; quelques-uns présentent même une mince couche adipeuse sous la peau. Nous verrons des réserves de graisse se faire parfois aussi chez certaines espèces dans le foie.

La distribution de la graisse dans la cavité abdominale est tout à fait remarquable chez les *Batraciens*. Si, dans cette classe, quelques espèces telles que *Bufo*, possèdent des amas sous la peau, dans l'aisselle (FLEMMING) ou au voisinage des cœurs lymphatiques, toutes les espèces sont riches en formations graisseuses intra-abdominales. Vers l'extrémité craniale du rein existe toujours un corps particulier, plus ou moins volumineux, présentant une coloration jaune-ocre, qui a été souvent confondu avec les capsules surrénales. Cette confusion est d'autant plus compréhensible que ce corps a l'aspect d'une véritable glande. Formé par la réunion de cellules graisseuses mûriformes, il constitue une véritable provision de réserve, dont le volume varie suivant les dépenses et les recettes de l'organisme.

Chez les *Mammifères*, le corps adipeux est représenté par l'*atmosphère graisseuse du rein*; son existence est accusée de bonne heure. Il appartient au groupe des *organes adipeux primitifs*, qui occupent, dès les premières phases du développement, des régions spéciales où l'organisme se prépare à accumuler des réserves. Dans le même groupe rentre le *tissu graisseux parathymique*, qui, un des premiers, a attiré l'attention des anatomistes (VELSCH).

La graisse, chez les *Vertébrés*, ne s'accumule pas seulement autour du rein, du thymus, dans l'orbite, sous le péritoine, entre les deux épaules, on la voit encore s'infiltrer dans les interstices qui séparent entre eux les différents tissus et organes. On la voit également s'accumuler dans les cavités creusées dans les différentes pièces du squelette : la moelle rouge des os fait place progressivement à la moelle jaune. Chez les plus élevés en organisation, chez les *Mammifères*, les cellules conjonctives de l'hypoderme se surchargent de graisse, deviennent *cellules* et *vésicules adipeuses*, s'ordonnent en *lobules* et forment le *pannicule adipeux sous-cutané*. Plus ou moins épais, celui-ci peut être subdivisé en tranches, soit par des couches de fibres musculaires lisses (muscles peauciers), soit par des formations fibreuses. Chez les *Mammifères aquatiques*, tels que les *Cétacés*, le derme lui-même est envahi par la graisse, et n'est plus représenté que par une mince couche conjonctive, correspondant à la zone papillaire.

Si l'on s'élève plus haut encore dans la série, on voit l'ectoderme lui-même faire de la graisse. RANVIER a, en effet, montré que, chez l'homme, les cellules les plus superficielles de l'épiderme renferment une matière analogue à la cire d'abeille. D'autre part, certaines glandes d'origine ectodermique, telles que les glandes sébacées, la glande mammaire, les glandes sudoripares, sont susceptibles d'élaborer et de sécréter de la graisse (*matière sébacée, lait*).

Étude histologique des cellules et vésicules adipeuses. — Les réserves graisseuses s'accumulent, chez les *Vertébrés*, dans certains éléments du feuillet moyen du blastoderme, c'est-à-dire dans les *cellules fixes du tissu conjonctif*. Parmi ces cellules, il en est qui se font remarquer et par leurs caractères morphologiques et par les rapports

qu'elles affectent avec les vaisseaux capillaires. Munies de prolongements, elles s'appliquent contre les parois des vaisseaux sanguins, s'anastomosent les unes avec les autres et forment, par leur ensemble, la *gaine rameuse péri-vasculaire* de RENAULT. Le protoplasma de ces éléments est réticulé; ses mailles chromophiles délimitent des vacuoles, dont le nombre et les dimensions sont variables; la graisse s'accumule dans ces vacuoles, sous forme de provision de réserve. Par le fait de cette accumulation, une cellule simple du tissu conjonctif devient une *cellule adipeuse* et se transforme en *vésicule adipeuse*, lorsque sa surcharge est complète. En s'unissant les unes aux autres, sous forme de masses plus ou moins volumineuses (*pelotons adipeux*), les vésicules constituent, dans leur ensemble, le *tissu adipeux*.

L'étroitesse des relations, qui existent entre les cellules fixes du tissu conjonctif, susceptibles de se surcharger de graisse, et les vaisseaux capillaires, est très facile à apprécier, à l'aide du microscope, chez les animaux en voie de développement. Elle ne

l'est pas moins chez un animal adulte, soit quand l'observation est faite à l'œil nu, pendant la vie, soit lorsqu'elle est poursuivie après la mort, surtout quand les vaisseaux ont été remplis par une masse solidifiable colorée.

Quand on dissèque, sur un lapin curarisé ou chloroformé, le tissu cellulaire lâche sous-cutané, alors que la circulation sanguine continue son cours, on reconnaît aisément que partout où il n'existe pas de pelotons adipeux, ce tissu ne donne pas de sang. « Il n'est, en effet, parcouru que par des fusées de distribution vasculaire rares et grêles; la masse du tissu conjonctif lâche reste pour ainsi dire exsangue. De distance



FIG. 31. — Réseau limboforme du mésentère d'un jeune chat. Acide osmique à 1 p. 100. Montage dans la glycérine. Injection physiologique des vaisseaux sanguins par ligature de la veine cave supérieure : gross. : 53.

v = Vaisseaux sanguins,
l = Lobules adipeux.

en distance, à l'extrémité de ces fusées vasculaires rares, constituées par une artériole et une veinule qui suivent un chemin parallèle, on trouve, au sein du tissu, appendus aux branches des vaisseaux, de petits corps rappelant par leur configuration extérieure l'aspect d'une feuille ovale. Les rameaux vasculaires ressemblent alors à de petites feuilles composées dont leurs branches représenteraient le pétiole commun et leurs rameaux les pétioles, contenant chacun un petit corps en forme de limbe. Si l'on examine ces petits corps, on voit qu'ils sont formés d'un réseau de capillaires sanguins à mailles étroites, plongé dans un tissu conjonctif riche en cellules fixes et parfaitement individualisé au sein du tissu ambiant. » C'est à ces formations que RENAULT, dont nous avons tenu à reproduire la description, a donné le nom de *réseaux vasculaires limboformes*.

Ce sont précisément les cellules conjonctives, encloses dans ces réseaux vasculaires, qui se chargent de graisse et deviennent cellules et vésicules adipeuses. Lorsqu'elles sont arrivées à leur complet développement, leurs rapports avec les vaisseaux demeurent aussi étroits : chaque élément se trouve enfermé dans une véritable cage vasculaire. Ce sont encore les vaisseaux qui donnent au tissu cellulo-adipeux sa constitution lobulaire.

En étudiant l'évolution du tissu adipeux chez le fœtus ou chez l'animal jeune, on peut suivre les différentes étapes de transformation de la cellule conjonctive en cellule et

vésicule adipeuses. Chez certains animaux comme le veau, chez l'homme, les cellules fixes conservent primitivement leur forme ramifiée; elles ne la perdent qu'au moment où commence l'élaboration graisseuse intra-protoplasmique, et celle-ci se fait tout d'abord sans augmentation de volume de la masse du corps cellulaire. A côté de ce processus primaire, il en est un autre auquel on peut donner, avec HAMMAR, le nom de processus secondaire; il s'observe chez certains animaux tels que le rat, le cobaye, le lapin. Les cellules conjonctives ramifiées augmentent de volume d'une façon assez marquée, elles se rapprochent ensuite les unes des autres et prennent une forme polygonale par pression réciproque.

Des *granulations réfringentes*, très fines d'abord, naissent par différenciation au sein du protoplasma et occupent ses vacuoles. Elles demeurent primitivement séparées les unes des autres par des travées protoplasmiques chromophiles relativement épaisses. Cette épaisseur diminue progressivement à mesure que les granulations augmentent de volume. Ces dernières confluent en trois ou quatre globes principaux et ne tardent pas à se confondre en un bloc unique, qui occupe plus ou moins complètement la totalité de l'élément. Le protoplasma et le noyau comprimés se trouvent refoulés à la péri-



FIG. 32. — Histogénèse du tissu adipeux. — Stade 1.

Graisse interscapulaire d'un embryon de cobaye de 35 millimètres. Liquide de Flemming, Rouge de Magenta, Carmin d'Indigo picrique, gross. : 500.

Au sein du protoplasma de l'amas syncytial constitué par les cellules conjonctives (mésenchyme) *c* apparaissent des gouttes de graisse *g*. Les cellules sont encore ramifiées et n'ont pas de vésicule.

En *c1* une cellule, plus avancée, est déjà limitée par une membrane.

En *v* est un capillaire rempli de globules rouges.

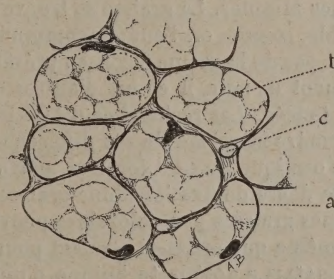
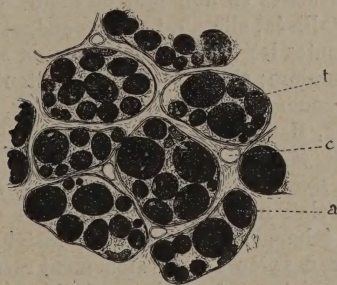


FIG. 33 et 34. — Histologie du tissu adipeux. — Stade 2.

Graisse périrénale d'un enfant à terme. Gross. = 340.

A Liquide de Flemming; Fuchsine acide.

B Même préparation après passage dans l'essence de térébenthine.

g = gouttes de graisse osmiées.

t = travées protoplasmiques séparant encore les gouttes de graisse.

c = capillaires sanguins.

a = alvéoles laissées vides après dissolution de la graisse dans l'essence de térébenthine.

phérie de la cellule qui se trouve alors environnée par une cuticule protoplasmique plus ou moins épaisse. Au niveau du noyau, le protoplasma présente le plus souvent un léger épaissement, et, en coupe optique, la lame enveloppante de protoplasma appa-

rait comme une bague, munie de son chaton, disposée autour du globe graisseux central ; le chaton de la bague représente le noyau.

Mais là ne s'arrête pas l'évolution de la cellule conjonctive, déjà cependant nettement différenciée. La surcharge graisseuse se continuant, le protoplasma distendu se laisserait éclater s'il n'élaborait une membrane de soutien et de maintien. La *vésicule adipeuse*, complètement formée, comprend : une membrane ou production exoplastique, une mince couche de protoplasma comprimée en forme de calotte, renfermant le noyau et une masse centrale, plus ou moins volumineuse, formée de graisse. Dans certaines cellules, la masse de graisse, au lieu de constituer un bloc unique, demeure divisée en amas séparés par des travées protoplasmiques.

Déjà reconnaissables au microscope, grâce à leur réfringence toute spéciale, les formations graisseuses sont très faciles à décélérer dans les cellules animales à l'aide de

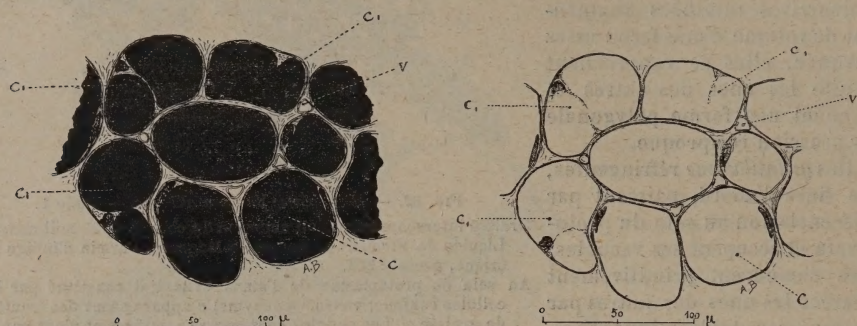


FIG. 35 et 36. — *Tissu adipeux adulte*. — Graisse périrénale d'homme adulte.

A. Liquide de Flemming ; fuchsine acide ; B. même préparation traitée par l'essence de térébenthine gross. : 200.

c = Cellule adipeuse avec sa capsule et son noyau.

c₁ = Cellules à l'intérieur desquelles restent encore des travées protoplasmiques.

v = Capillaires sanguins.

certain réactifs. Le plus communément employé est l'*acide osmique* : utilisé en vapeurs ou en solution aqueuse à 1 p. 100, il colore les graisses en noir plus ou moins foncé en quelques minutes. La graisse se trouve ainsi métallisée ; elle n'est pas cependant rendue insoluble, comme on l'admet communément. Toutes les graisses animales ne se comportent pas de la même façon en présence de l'osmium ; s'il en est qui se teignent vigoureusement en noir, il en est d'autres qui ne prennent qu'une coloration bistre, plus ou moins foncée. Les recherches d'ALTMANN, STARKE, HANDWERK, PAUL MULON, nous ont fait comprendre la raison de ces différences : l'acide oléique seul est capable de réduire l'acide osmique, de se colorer et, partant, de se fixer grâce à cette réduction. La couleur, le degré de fixation d'une graisse sont en relation avec sa teneur en acide oléique. Certaines graisses peu colorables peuvent ainsi échapper aux recherches histologiques, alors même que celles-ci seraient poursuivies sur des pièces très fraîchement recueillies.

MICHAËLIS a doté la technique d'une autre couleur azoïque, le *scarlach* ou *ponceau*, dont les propriétés tinctoriales sont plus énergiques et plus électives que celles du sudan III. Comme le sudan, l'orcanette, l'alkaïma, le bleu de quinoléine, le henné, le scarlach est un colorant qui agit en se dissolvant simplement dans la graisse. Au contraire de l'acide osmique, il colore par simple action physique (MICHAËLIS, MULON), et, comme il se dissout dans toutes les graisses, dans tous les acides gras, il est donc supérieur à l'acide osmique pour la recherche des graisses dans les tissus. Mais pour faire agir le scarlach, on doit choisir des pièces fraîches ou fixées dans le formol au tiers et coupées par congélation. La solution suivante a donné à PAUL MULON les meilleurs résultats :

Acétone (du bisulfite).	aa.	50
Alcool absolu.		
Alcool à 70°.		58
Scarlach (de DIEBRICH).		Q. S.

On colore avec cette solution en une minute, on lave la coupe rapidement dans l'alcool à 70° avant et après. Au moyen de méthodes spéciales, certaines graisses peuvent se colorer par l'hématoxyline. On sait que la myéline des fibres nerveuses se colore par la méthode de WEIGERT (hématoxyline agissant après un mordantage chromocuprique). Au niveau du testicule, les recherches de LOISEL ont montré que les vésicules de sécrétion, colorables par la méthode de WEIGERT, que l'on rencontre dans les cellules de SERTOLI ou dans l'épaisseur de l'épithélium séminifère, étaient formées par de la graisse. REGNAUD avait considéré ces vésicules comme le produit d'une sécrétion spéciale. La graisse des cellules interstitielles du testicule et de l'ovaire, celle des cellules de la capsule surrénale (MULON), celle des cellules des corps jaunes, certaines gouttelettes intra-épithéliales du rein jouissent toutes de la propriété de se colorer par la méthode de WEIGERT (PAUL MULON).

La théorie de cette coloration n'est pas encore classiquement établie, mais il est rationnel d'admettre que la propriété de se colorer par la méthode de WEIGERT appartient plus particulièrement aux graisses lécithiques.

Pour différencier les *acides gras des graisses neutres*, BENDA et plus récemment PAUL MULON ont préconisé deux méthodes s'appuyant sur le principe suivant : les acides gras sont capables de s'unir à des bases métalliques insolubles. Ces savons métalliques sont ensuite capables de produire des laques colorées avec l'hématoxyline. BENDA fixe des pièces dans l'acétate de cuivre additionné de formol, puis immerge les coupes dans l'hématoxyline : il aurait ainsi coloré en vert des cristaux (?) d'acides gras libres. MULON mordance des coupes dans le fer dialysé, lave ensuite à l'eau pendant 24 heures et met à colorer dans 5 centimètres cubes d'eau additionnée de quelques gouttes de solution d'hématoxyline à 1 p. 100 dans l'eau. Au bout de 24 heures, la coupe a pris une teinte bistre et les acides gras ont pris une coloration gris violet (surrénale).

J. CAMUS et PAGNIEZ ont, de leur côté, observé que les acides gras se colorent par la solution de fuschine phéniquée de ZIEHL et que la coloration résistait à l'action décolorante des acides minéraux. Les graisses ne présentent pas ce caractère d'acido-résistance. Ce procédé donne des résultats superposables à ceux de la méthode de coloration par les laques (surrénale, P. MULON).

La graisse se colore en bleu sous l'action de l'iode : la teinte qu'elle offre diffère toujours de la coloration brun acajou que présente la matière glycogène, soumise à l'action du même réactif.

L'usage d'une *solution alcoolique de bleu de quinoléine* teint en bleu les cellules adipeuses. Cette coloration se conserve, et même devient plus intense, si la préparation, colorée et lavée, est soumise ensuite à l'action de la potasse à 40 p. 100 (RANVIER).

On peut se servir encore, pour colorer la graisse, d'une *solution alcoolique d'orcanette* (ACHARD) ou de *vert malachite*. D'après REGNAULT, le henné serait un bon réactif de la graisse : employé en solution alcoolique à 50 p. 100, il lui donne une coloration verte et permet l'emploi des autres réactifs tels que le *picro-carmin* et l'hématoxyline. Dans ces derniers temps ROSENTHAL a introduit, dans la technique, un nouveau réactif, le *soudan*, qui donne à la graisse une coloration rouge.

La graisse étant soluble dans l'alcool, l'éther sulfurique, le chloroforme, le xylol, on devra éviter l'emploi de ces agents, quand on voudra étudier soit les dispositions et les rapports des cellules adipeuses dans les tissus, soit leurs caractères structuraux.

La graisse est à l'état liquide, quand la cellule animale est vivante : elle se présente alors comme une goutte d'huile plus ou moins volumineuse. Après la mort, après le refroidissement du cadavre, elle se fige, et souvent aussi cristallise, en formant, dans le centre de l'élément, de longues aiguilles radiées (*cristaux de margarine*). La cristallisation est d'autant plus nette que la mort remonte à une époque plus éloignée.

La graisse contenue dans les cellules adipeuses, chez l'homme, est un mélange de *tristéarine*, *tripalmitine*, et *trioléine* ; il y a toutefois prédominance de stéarine et de palmitine. S'il en est ainsi chez l'homme, il ne faut pas oublier que les proportions de ces corps gras varient suivant les espèces animales : la graisse ou *suif de mouton*, pour ne rappeler que cet exemple, est presque uniquement formée de stéarine.

Pour bien étudier les *caractères morphologiques et structuraux des cellules et vésicules adipeuses*, on peut recourir à la technique suivante. Sur un chien que l'on vient de tuer,

on détache un fragment de peau muni de son tissu cellulo-adipeux; tandis qu'il est encore chaud, on pratique dans l'épaisseur de ce dernier une injection interstitielle avec une solution de nitrate d'argent à 1 p. 100. On abrase avec des ciseaux une mince tranche de la boule d'œdème ainsi produite. Cette tranche, montée entre lame et lamelle, permet l'étude des vésicules adipeuses, étude qui sera facilitée par l'emploi des différents réactifs colorants indiqués précédemment.

Les dimensions des vésicules adipeuses sont variables : leur diamètre, chez l'homme, oscille entre 22 et 135 μ . Quand elles atteignent cette dernière taille, elles constituent les plus volumineuses cellules de l'organisme et peuvent être distinguées à l'œil nu. Les vésicules adipeuses peuvent acquérir des dimensions plus grandes encore chez certains animaux, tels que le *bœuf*, le *porc*, les *cétacés*. Elles présentent souvent, chez le même individu, des différences de volume très notables, d'une région à l'autre du corps. Elles sont, par exemple, plus petites, en général, autour du rein et dans les différents replis du péritoine que dans le tissu adipeux sous-cutané ou intermusculaire (CH. ROBIN).

Chaque vésicule adipeuse a la forme d'une utricule limitée par une membrane, reconnaissable au microscope par son double contour et remarquable par sa minceur et

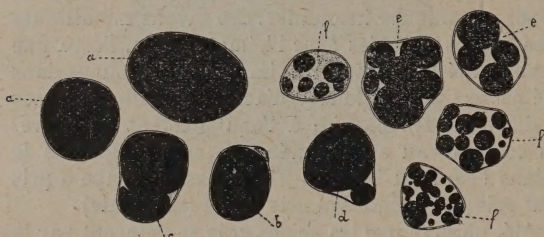


Fig. 37. — Types de cellules adipeuses fixées par l'acide osmique et colorées par la fuchsine acide.

a. Grosses cellules adipeuses coupées en dehors de leur noyau : la graisse, noire, et la membrane d'enveloppe sont seules visibles.

b. Cellule type : contenu-graisse; protoplasma granuleux et noyau réfugiés à la périphérie, sous la membrane d'enveloppe.

c. Cellule de graisse périrénale adulte avec une travée protoplasmique.

d, e, f. Cellules *mariformes* de plus en plus jeunes, c'est-à-dire contenant de plus en plus de gouttes graisseuses. Toutes ont une membrane d'enveloppe. Ces cellules volumineuses ont été coupées en dehors de leur noyau. (Graisse périrénale et interscapulaire d'embryons.)

sa transparence. En écrasant légèrement une préparation de tissu adipeux, on fait éclater quelques cellules : leur contenu s'échappe sous forme de gouttes de graisse, et la membrane d'enveloppe apparaît vide et plissée. On peut de même examiner un fragment de tissu graisseux qui a macéré pendant vingt-quatre heures dans l'éther : les membranes cellulaires flasques deviennent apparentes, grâce aux plis qu'elles présentent.

Une couche de protoplasma finement granuleux double la membrane d'enveloppe. Elle renferme presque toujours de fines gouttelettes ou de petites granulations graisseuses, qui, incessamment élaborées, vont rejoindre et grossir la masse centrale.

Refoulée à la périphérie de l'élément, la couche protoplasmique, toujours plus ou moins aplatie, forme tantôt un anneau complet, tantôt un simple croissant. Quelle que soit sa minceur, elle présente, en un point, un léger épaissement qui renferme le noyau. Celui-ci, muni d'un ou deux nucléoles, est de forme arrondie, s'il est vu à plat; s'il se montre de profil, sur le côté de la cellule, il paraît ovalaire et aplati. Il n'est pas rare de trouver deux noyaux dans un même élément. Cette constatation indique, ou que deux cellules se sont fondues en une seule, ou que la division du noyau a eu lieu, sans que la division cellulaire s'en soit suivie.

Entre la couche protoplasmique et la masse graisseuse centrale existe une mince zone qui paraît transparente, et qui est occupée par un liquide séreux, à réaction alcaline, dont la quantité varie avec l'état de la nutrition.

Quant à la partie centrale de l'élément, elle est occupée par la masse de graisse, qui se présente comme une grosse goutte d'huile, reconnaissable à sa grande réfringence et aux caractères histochimiques précédemment indiqués. Cette disposition se retrouve dans les cellules adipeuses de la graisse blanche sous-cutanée; elle n'est plus la même dans la graisse jaune ou ocre qui forme le corps adipeux des insectes, des batraciens et l'atmosphère adipeuse du rein chez les vertébrés. Dans les éléments qui, par leur assemblage, constituent ces réserves, la substance grasse est et demeure répandue dans le protoplasma, sous forme de grosses gouttes, séparées les unes des

autres par des travées granuleuses plus ou moins épaisses. L'aspect des cellules est tout à fait particulier, et il justifie le nom de *cellules mûrifformes*, que leur a donné HAMMAR.

Tout dernièrement, UNNA, étudiant le noyau de certaines cellules adipeuses, crut remarquer qu'ils étaient perforés comme à l'emporte-pièce. SACK, cherchant à interpréter l'histo-physiologie de ces *noyaux perforés*, admit qu'au voisinage d'un des nœuds du réseau chromatinien nucléaire se forme une vacuole, se remplissant progressivement d'une substance particulière qui, émigrant du noyau, venait grossir l'amas de réserve central. Pour RABL, les vacuoles nucléaires n'existent pas, l'aspect observé est dû à la présence de gouttes de graisse très réfringentes, qui, appliquées sur le noyau, semblent renfermées dans sa masse.

La présence de la graisse à l'intérieur même du noyau a été constatée d'une façon irréfutable chez les végétaux par CARNOY, ZOFF et NOVAROWSKI, MAIRE et, chez les animaux, par DE ALMEIDA dans le noyau des vésicules adipeuses sous-cutanées, par PAUL MULON dans le noyau des cellules surrénales.

Tels sont les caractères histologiques des cellules et des vésicules adipeuses; ils permettent de classer ces éléments en deux variétés, suivant la disposition de leur contenu, et de distinguer les *cellules blanches* des *cellules ocres*.

D'une façon générale, chez les *vertébrés supérieurs*, on peut dire que la graisse a une *coloration jaune*, mais cette coloration varie d'une nuance claire à une nuance foncée presque brune. On sait d'ailleurs que, chez un même individu, les pelotons adipeux n'offrent pas, dans toutes les régions, la même teinte, et que, sous ce rapport, la graisse sous-cutanée diffère considérablement de la graisse profonde. La matière colorante de la graisse est un pigment qui appartient au groupe des *lipochromes*.

Des variations de teinte s'observent dans la série animale, et, comme exemples frappants, il suffira de rappeler que, chez le *crocodile*, la graisse est *verte*, tandis qu'elle est *rouge* chez un grand nombre d'*invertébrés*.

La cellule grasseuse jaune est brillante au centre, lorsqu'on l'examine à la lumière transmise, ses bords apparaissent noirs : ces aspects sont particuliers aux gouttes et gouttelettes grasseuses, suspendues dans les liquides qu'on examine au microscope.

Chez les animaux bien portants, chez ceux surtout qu'on soumet à l'*engraissement*, les vésicules adipeuses, distendues, sont rondes ou ovales; elles se dépriment cependant plus ou moins par pression réciproque, quand les amas qu'elles forment sont très développés. Après la mort, elles se déforment, deviennent irrégulières ou polyédriques; ces déformations sont dues à la rétraction et à la solidification de la graisse, toujours plus ou moins rapides quand survient le refroidissement.

Dans l'*amaigrissement*, la cellule diminue de volume, à mesure que la graisse de réserve disparaît. La membrane d'enveloppe, plus ou moins ratatinée, renferme presque exclusivement un liquide séreux, dont la quantité, minime à l'état normal, s'est considérablement accrue. Ces modifications sont faciles à apprécier sur les appendices épiploïques de la grenouille à la fin de l'hiver : les cellules, qui entrent dans leur constitution, ne renferment plus qu'un liquide un peu louche, dans lequel nage librement une grosse granulation, de couleur jaune ambré, et qui a la réfringence de la graisse.

Dans l'*inflammation*, il se produit rapidement une raréfaction de la graisse : on voit se produire une hyperplasie du protoplasma en même temps qu'une prolifération des noyaux. Le protoplasma ne tarde pas à se segmenter, à se répartir autour des noyaux de nouvelle formation, de telle sorte que *chaque vésicule adipeuse devient un véritable nid de cellules embryonnaires* (RANVIER). La paroi s'étant déchirée, les cellules jeunes sont mises en liberté, et l'élément revient ainsi à son stade primitif, en poursuivant un cycle inverse à celui qu'il avait parcouru pour arriver à sa complète différenciation. On admet aussi que, dans les régions enflammées, la margarine et la stéarine contenues dans les vésicules adipeuses se séparent de l'oléine et se déposent sous forme de cristaux s'irradiant du centre de l'amas vers la périphérie.

La graisse apparaît de bonne heure dans les cellules fixes du tissu conjonctif chez les *vertébrés supérieurs* : des vésicules adipeuses, parvenues à leur complet développement, se rencontrent chez l'homme, à partir du 50^e jour de la vie embryonnaire. Elles font leur apparition successivement dans le fond de l'orbite, le creux de l'aisselle, le

dos, le pli de l'aîne et, un peu plus tard, dans la paume des mains et la plante des pieds. Depuis cette époque jusqu'à celle de la mort, on en trouve partout où il existe de la graisse visible à l'œil nu dans l'économie. De même, à compter de l'époque de la naissance, on en trouve dans la moelle des os, et sa quantité varie suivant les individus et les espèces animales. On en rencontre encore, en quantité variable et comme élément accessoire, dans un grand nombre de tissus et d'organes, où l'œil nu ne permet pas d'en soupçonner la présence. Il est, par contre, certaines formations où les vésicules adipeuses font toujours complètement défaut; elles manquent, par exemple, dans le derme de la peau, dans celui des muqueuses, dans les tendons, les aponévroses, les formations élastiques.

Observées chez l'embryon ou le fœtus, les vésicules adipeuses sont petites : leur accroissement se fait insensiblement, non par multiplication directe ou indirecte, mais par accumulation progressive de la graisse de réserve, qui est une élaboration de leur protoplasma. Cette élaboration est sujette à des variations plus ou moins marquées, en rapport avec l'état de santé ou de maladie, c'est-à-dire avec les besoins de l'organisme qui utilise ou non ses provisions de réserve. En se plaçant au point de vue de la physiologie générale, on peut, avec MILNE-EDWARDS, assimiler son fonctionnement à celui d'une glande. Une fois différenciée au sein du tissu conjonctif, la cellule peut, sans pour cela modifier sa constitution complexe, accumuler de la graisse au maximum dans son intérieur, la maintenir fluide pendant la vie et la dépenser plus ou moins complètement pour les besoins de la nutrition interstitielle, sans pour cela se détruire. Quand elle s'est appauvrie, elle devient alors larvée et demeure prête à séparer du sang une nouvelle réserve de graisse. « De semblables fonctions rentrent pleinement dans le rôle nutritif général, exercé dans l'organisme par le tissu conjonctif lâche. Sa plus large et sa première différenciation, aboutissant à l'édification des pelotons adipeux avec le concours des vaisseaux sanguins, est bien de la sorte en rapport avec la nutrition générale de l'organisme (RENAUT). »

ÉTUDE ANATOMIQUE ET HISTOLOGIQUE DU TISSU ADIPEUX.

Le tissu adipeux ou graisseux est formé par la réunion des cellules et des vésicules adipeuses, c'est-à-dire de cellules fixes du tissu conjonctif ayant subi une différenciation particulière; aussi ne le rencontre-t-on que dans les régions où il existe du tissu cellulaire ou conjonctif. La dénomination de *tissu cellulo-adipeux* est beaucoup moins appropriée, car il n'existe pas de tissu adipeux à proprement parler, mais seulement des éléments adipeux juxtaposés, et ceux-ci appartiennent en propre au tissu conjonctif.

Pour constituer le tissu cellulo-adipeux, les vésicules se groupent sous forme de pelotons, c'est-à-dire de petites masses dont l'ordination est réglée par les mailles vasculaires qui servent de travées directrices au moment de la formation.

Les pelotons ou lobules graisseux apparaissent au milieu des aréoles du tissu conjonctif comme autant de grains jaunâtres, ayant le volume d'un grain de millet à celui d'un petit pois. Ils sont englobés dans la trame même du tissu conjonctif qui les unit les uns aux autres.

Chaque peloton est formé par un plus ou moins grand nombre de vésicules adipeuses accumulées sans ordre les unes contre les autres. En se juxtaposant, les cellules se déforment plus ou moins; elles demeurent parfois arrondies, mais prennent le plus souvent une forme polyédrique, présentant des angles assez nets quand elles sont fortement comprimées, comme cela s'observe chez le porc, les cétacés. Lorsqu'elles constituent des amas peu considérables, celles qui sont voisines du centre se déforment seules, celles qui siègent vers la périphérie s'aplatissent par leur côté tangent et demeurent arrondies par leur surface libre. Dans le voisinage des îlots cellulaires, on trouve toujours des éléments isolés, disposés souvent sous forme de traînées. Leur observation permet de reconnaître qu'ils sont normalement de forme sphérique ou souvent aussi ovoïde. Sur une coupe, un peloton adipeux revêt l'apparence d'un pavage dans lequel les pierres seraient non seulement juxtaposées, mais encore superposées; en raison de son épaisseur, la préparation intéresse toujours plusieurs couches de cellules.

L'appareil vasculaire du tissu adipeux a été très bien décrit et figuré par MASCAGNI : il

comprend l'épanouissement complet des réseaux limbiformes que nous avons étudiés aux premières phases du développement. Des rameaux artériels et veineux sont logés dans les sillons qui séparent les uns des autres les pelotons et englobés dans les éléments mêmes de la trame conjonctive. Leurs divisions représentent par leurs anastomoses des réseaux capillaires qui enserrent dans leurs mailles un plus ou moins grand nombre de vésicules adipeuses. Parfois une seule cellule se trouve enclose dans une véritable cage vasculaire. Un pareil ensemble de vaisseaux et de grains agglomérés a quelque ressemblance avec une grappe de raisins munie de son pédicule, dans laquelle chacun des grains qui la composent possède son pédicelle propre. Cette disposition est facile à observer sur un fragment de graisse prélevé sur un cadavre injecté, ou encore sur un animal dont les vaisseaux sont demeurés gorgés de sang.

On commence à apercevoir le tissu adipeux, chez l'homme, à partir du soixante-quinzième jour de la vie intra-utérine (CH. ROBIN). Les premières régions, où il se montre, sont le pli de l'aîne, le creux de l'aisselle, le fond de l'orbite, la paume des mains, la plante des pieds. Peu de temps après, on voit se former la boule sous-massétérière de BICHAT. Le tissu adipeux apparaît toujours par petits lobules séparés, arrondis ou ovoïdes, ressemblant à de petits grains de semoule. Ayant, à ces premières phases de son développement, une coloration jaunée blanchâtre, il possède un aspect tremblotant et gélatiniforme que l'on peut observer au fond de l'orbite chez la plupart des enfants à la naissance. Cette apparence gélatiniforme est due à l'état de la substance renfermant les cellules adipeuses, substance qui est encore au stade muqueux de son développement.

Peu à peu les lobules augmentent de volume et aussi de nombre; ils s'associent en masses plus ou moins considérables et prennent une coloration jaunâtre tout à fait caractéristique. Cette coloration, qui est celle de la graisse renfermée dans les cellules, varie chez les divers animaux et aussi dans les différentes régions du corps d'un même animal. Dans le cas où la graisse est incolore, la lumière est réfléchie en blanc, comme cela s'observe chez le porc (lard) et chez les cétacés, par les amas de cellules adipeuses. Si, au contraire, il y a abondance de formations graisseuses d'une teinte jaune, comme le sont en particulier l'oléine et la margarine, on voit le tissu adipeux prendre une coloration jaune ocre plus ou moins foncée (bœuf, viandes de boucherie). Chez les sujets émaciés ou amaigris, on observe souvent une teinte orangée ou rougeâtre; elle est en rapport avec le contenu des vésicules flétries, qui est formé par un liquide séreux renfermant des granulations d'un jaune orangé parfois très vif.

La consistance du tissu adipeux est soumise à certaines variations; ferme et résistant chez les sujets jeunes ou bien portants, il doit ces propriétés à une réplétion absolue de ses éléments constitutifs par la graisse. Chez les individus amaigris ou malades, il redevient gélatiniforme.

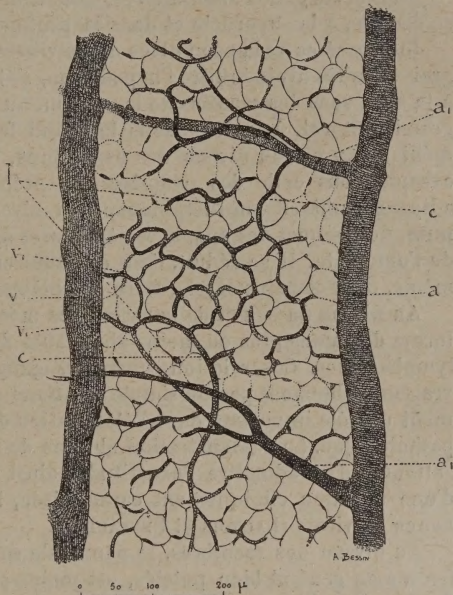


FIG. 38. — Lobule adipeux du mésentère d'un jeune chat. — Acide osmique à 1 p. 100; essence de térébenthine; fuchsine acide; montage au baume. — Injection physiologique par ligature de la veine cave inférieure. — Gross. = 96.

Les contours des cellules adipeuses sont nettement visibles, ainsi que leur noyau.

De l'artériole *a*, se détachent de plus petites branches *a*₁, ces petites branches abandonnent à leur tour des capillaires *c*. Ceux-ci se ramifient et forment un réseau dont le pourtour assez nettement arrondi indique la limite d'un lobule graisseux *l*.

De ce réseau lobulaire partent *v*₁, de petites veinules qui viennent s'ouvrir dans la veine *v*.

Chaque cellule adipeuse est toujours en contact avec un vaisseau sanguin sur une partie quelconque de sa surface.

Le tissu adipeux est moins dense que la plupart des tissus de l'économie : les masses adipeuses, plongées dans l'eau, surnagent, et cette propriété est due aux corps gras (margarine, stéarine, oléine), qui entrent dans sa constitution.

Le tissu adipeux a une résistance beaucoup plus grande que les autres tissus de l'économie à la putréfaction : les corps gras, en pareil cas, se saponifient et forment une masse résistante qui ne se décompose pas à la manière des substances azotées.

Dans le corps des mammifères, dans celui de l'homme en particulier, le tissu adipeux se dispose, à la superficie et dans la profondeur, en couches plus ou moins épaisses.

Interposé entre la peau et les aponévroses, il forme le *pannicule adipeux sous-cutané*. La graisse, après avoir infiltré l'hypoderme, s'étend de la superficie vers les plans profonds, à la face sous les muscles de la région, au thorax sous le trapèze, le grand dorsal, le grand pectoral, à la fesse sous le grand fessier. Elle manque sous la peau de la ligne médiane du nez au niveau des os propres, sous celle du pavillon de l'oreille, le lobule excepté, sous celle des paupières, du prépuce, de la verge, du scrotum. Le pannicule adipeux s'amincit considérablement au niveau de la portion moyenne du front, du sternum, du sommet des apophyses épineuses dorsales et sacrées, de l'acromion et de la tête de l'omoplate. Il se réduit, dans ces différents points, à quelques rares lobules et peut même, chez certains sujets, faire complètement défaut.

Au niveau du cou et de la racine des membres (creux de l'aisselle, creux inguinal) il forme des amas plus ou moins abondants dans lesquels se trouvent logés les ganglions lymphatiques. Ces relations entre les ganglions et les formations adipeuses ne sont vraisemblablement pas de simple relations de voisinage : les ganglions jouent probablement un rôle important dans l'élaboration des graisses, soit à l'état normal, soit à l'état pathologique. La démonstration absolue de ce rôle n'a pas encore été donnée, mais il est rationnel d'en admettre l'exactitude, ainsi que l'un de nous l'a supposé dans l'étude d'une affection cliniquement caractérisée, l'adéno-lipomatose symétrique à prédominance cervicale (LAUNOIS et BENSAUDE).

Au niveau des membres, le pannicule sous-cutané, très développé chez l'enfant et la femme en général bien potelés, est moins abondant chez l'homme adulte et vigoureux, dont les reliefs musculaires sont rendus plus visibles. A la paume des mains, à la plante des pieds, il forme un épaississement constitué par des lobules volumineux, arrondis et mous. Ces lobules sont enserrés dans de nombreux faisceaux conjonctifs, riches en formations fibreuses et élastiques, qui, de la face profonde du derme, vont s'insérer sur les aponévroses palmaire et plantaire. Incompressibles à peu près par eux-mêmes, parce qu'ils sont composés de gouttes d'une substance semi-liquide retenues dans des cavités closes, ils remplissent les intervalles des faisceaux fibreux et les maintiennent, ainsi que le derme, dans un état de distension permanent. Leur tension est telle qu'on les voit faire saillie sur les lèvres d'une incision aussitôt qu'elle est pratiquée, pourvu qu'elle intéresse toute l'épaisseur du derme (ROBIN).

Dans la profondeur, on voit le tissu adipeux s'interposer au-dessous des gaines aponévrotiques propres des muscles, autour des paquets vasculo-nerveux, autour des plexus nerveux, au niveau de la jonction des tendons élargis avec les ventres musculaires, etc. Les articulations elles-mêmes en sont parfois pourvues : dans certaines, le genou par exemple, les lobules se disposent sous forme de masses pédiculées, et constituent ce que l'on a improprement appelé *les glandes de CLOPTON HAVERS*.

Au cou, le tissu adipeux d'interposition remplit les intervalles qui séparent les uns des autres les muscles ou mieux les gaines aponévrotiques de ces muscles, et, d'un sujet à l'autre, il laisse des intervalles plus ou moins profonds, selon que son abondance est plus ou moins grande.

Le tissu cellulo-adipeux profond du cou communique largement avec celui du médiastin. Dans cette dernière région, on trouve en effet toujours de la graisse, en plus ou moins grande abondance. On la voit, dans la partie antéro-supérieure, se substituer progressivement au thymus, alors que cette glande diminue et disparaît.

Dans la cavité abdominale, au niveau du péritoine, si les formations graisseuses sont peu développées au-dessous du feuillet pariétal, on les voit acquérir, progressivement avec l'âge, des proportions plus ou moins considérables au-dessous du feuillet viscéral. A son niveau en effet, peu après la naissance, du tissu graisseux se développe, sous forme de

trainées, le long des vaisseaux mésentériques et épiploïques. Chez beaucoup d'animaux, il reste, pendant toute la vie, à l'état de bandelettes jaunes ou blanches, dont la coupe triangulaire ont leur base appuyée sur les vaisseaux. Dans le mésentère d'abord, dans l'épiploon ensuite, ces bandelettes s'élargissent et se réunissent pour former une couche continue entre les deux feuillets péritonéaux, qu'elles écartent l'un de l'autre proportionnellement à leur épaisseur, qui est parfois considérable. On le voit aussi souvent former, le long de l'intestin, des appendices plus ou moins volumineux.

Chez l'enfant, comme l'avait déjà remarqué BICHAT, la quantité de graisse est en proportion beaucoup plus considérable sous la peau que partout ailleurs, surtout que dans l'abdomen : l'épiploon n'en renferme en effet qu'une très faible proportion à cette période du développement. A l'âge adulte, au contraire, la graisse abdominale est plus abondante que la sous-cutanée. « La bouffissure extérieure est aussi rare vers la quarantième année qu'elle est commune jusqu'à la quatrième ou la cinquième, époque à laquelle toutes les formes musculaires étant cachées par la surabondance graisseuse, le corps est sensiblement arrondi. »

Certains viscères, autres que l'intestin, possèdent en propre une couche graisseuse plus ou moins développée. C'est ainsi que la graisse, contrairement à ce qui existe chez nombre d'animaux, les poissons en particulier, fait défaut dans la cavité encéphalique des mammifères. On la retrouve, par contre, dans le canal rachidien où, chez l'homme, à partir de la troisième vertèbre cervicale, elle se dispose sous forme de bandes transversales, semi-annulaires d'abord et ensuite sous forme d'une couche continue depuis la région lombaire jusqu'à l'extrémité du canal sacré.

Au-dessous du péricarde viscéral, on trouve des travées graisseuses le long des vaisseaux coronaires du cœur, sur les bords gauche et droit de l'organe, plus particulièrement sur ce dernier et au niveau de la pointe. Ces trainées sont souvent assez larges pour empiéter sur les faces elles-mêmes. Au niveau du sillon auriculo-ventriculaire, le tissu graisseux forme souvent des prolongements coniques, qui, soulevant le feuillet viscéral de la séreuse, affectent des analogies avec les lobules graisseux épiploïques. POIRIER a tout dernièrement attiré l'attention des anatomistes sur des franges adipeuses qui sont groupées dans la cavité péricardique au niveau même de la pointe du cœur.

Le rein, chez les vertébrés supérieurs, est caché au centre d'un amas adipeux auquel on donne, en anatomie descriptive, le nom de *capsule* ou *atmosphère adipeuse du rein*. Cet amas de graisse, qui est l'analogue du corps jaune étudié précédemment dans la série animale, constitue, chez l'homme, la première formation adipeuse qui se développe dans l'abdomen. Dans le dernier ou les deux derniers mois de la gestation, il forme déjà une couche lobulée à la surface de l'organe et vers son hile; il envoie ensuite des trainées de lobules rougeâtres sur le rein lui-même. La quantité de graisse, accumulée dans cette région, augmente proportionnellement avec l'âge, mais en présentant des variations d'un sujet à l'autre. Vers le hile du rein, le tissu graisseux s'enfonce plus ou moins profondément dans la dépression par laquelle passent les vaisseaux artériels, veineux et l'uretère. En bas, il se prolonge, dès la naissance, dans le sillon qui sépare le muscle psoas du transverse de l'abdomen, et se continue, sous forme de trainées, jusque dans la fosse iliaque.

On trouve encore, à la face, deux formations graisseuses qui se font remarquer par leur constance et par les caractères qui leur sont particuliers. C'est d'une part le *cousinet adipeux* ou *graisseux de l'orbite*, qui occupe le fond même de la loge qui renferme le globe de l'œil; c'est d'autre part la *boule graisseuse* de BICHAT.

La *boule graisseuse* de BICHAT forme comme une masse isolée au milieu de la graisse environnante; on peut, par la dissection, l'extraire en totalité de la loge qu'elle occupe, loge formée par le buccinateur, le masséter et les plans aponévrotiques de la région (aponévrose génienne de BLANDIN). Les récentes recherches de LAFFITTE-DUPONT ont permis de comprendre la valeur de cette formation qu'on retrouve toujours, même chez les individus les plus émaciés.

Chez le lapin, l'orbite s'ouvre, à sa partie inférieure et postérieure, dans la fosse zygomatique : une membrane obture, à l'état frais, cet orifice et porte le nom de membrane orbitaire. Elle est représentée, chez l'homme, par le périoste épais qui double

l'os à ce niveau. En arrière de cette membrane se trouve située une glande qui s'étend dans la fosse temporale et descend en avant du bord antérieur du muscle temporal pour se mettre en rapport avec la face externe du buccinateur. Ainsi située, elle affecte les mêmes relations avec les parties voisines que la boule graisseuse de BICHAT qu'on rencontre chez l'homme. La glande, dont nous venons d'indiquer les rapports, fait partie du groupe des glandes salivaires annexes décrit par KRAUSS et LÉVENTHAL; elle porte le nom de glande infra-orbitaire. Elle possède un canal excréteur unique qui va s'ouvrir dans la bouche, au niveau de la troisième molaire. Elle est représentée chez l'homme par de petites formations glandulaires atrophiées, les glandes molaires, dont les canaux déversent le produit de sécrétion au niveau des deuxième et troisième molaires. L'espace que laissent libres ces glandes atrophiées est comblé par un tissu de remplissage, qui n'est autre que la formation graisseuse à laquelle on donne communément le nom de boule graisseuse de BICHAT. Au point de vue physiologique, la boule de BICHAT joue le rôle de coussinet élastique dans l'acte de la succion chez le nouveau-né et dans l'acte de la mastication chez l'adulte.

Chez la femme, la glande mammaire, qui n'existe en tant qu'organe glandulaire qu'aux époques de la gestation et de la lactation, est riche en tissu adipeux, dont la consistance et la quantité varient aux différents âges. Il fait place aux acini glandulaires alors que s'établit la fonction physiologique et redevient abondant quand la sécrétion s'est tarie. La mamelle n'est plus alors représentée que par une masse fibreuse plus ou moins volumineuse, noyée au milieu de pelotons adipeux.

Des variations nombreuses s'observent dans la disposition et l'abondance du tissu adipeux, suivant les individus et suivant aussi les espèces animales. L'hypertrophie graisseuse des fesses, chez les femmes boschimanès, est trop connue pour qu'il soit besoin d'insister sur sa description.

Il en est de même de la surcharge graisseuse que l'on observe sur le dos des dromadaires, des chameaux, des zébus, etc., et aussi à la racine de la queue, chez les moutons de Barbarie.

FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES DU TISSU ADIPEUX. RÉSERVES GRAISSEUSES DE L'ORGANISME.

Comme le tissu conjonctif, dont il représente un stade d'évolution physiologique, le tissu adipeux joue, dans l'organisme, un rôle mécanique. Il remplit et comble plus ou moins complètement les espaces qui existent entre les parties constituantes, les rapproche les unes des autres et les confond en masses plus homogènes.

Dans certaines régions, ce rôle mécanique se précise en s'adaptant à une fonction physiologique déterminée. Dans celles qui sont, comme la paume de la main et la plante du pied, soumises à des pressions plus ou moins fortes et plus ou moins continues, il s'organise pour former de véritables coussinets, à la fois résistants et élastiques. Plus épais que celui de la main, le coussinet du pied se trouve de plus doublé par une remarquable formation vasculaire constituée par de volumineuses veines anastomosées en réseaux (semelle veineuse plantaire de LEJARS).

C'est aussi la graisse qui, dans le fond de l'orbite, forme un lit spécial sur lequel s'appuie le globe de l'œil et qui lui permet d'échapper aux pressions et aux traumatismes (*coussinet adipeux de l'orbite*).

C'est elle encore qui, se disposant en masses homogènes plus ou moins abondantes, forme l'*atmosphère graisseuse du rein* et maintient l'organe dans une situation fixe qu'on le verra abandonner (rein mobile) chez les sujets rapidement amaigris.

Chez certains animaux, chez ceux en particulier qui vivent dans les régions froides (baleine, otarie, phoque, ours blanc, etc.), le pannicule adipeux acquiert une épaisseur considérable. La même richesse en graisse de l'hypoderme se retrouve chez l'homme (Lapon, Esquimaux), quand il est appelé à vivre dans les régions voisines du pôle. Ainsi se forme sous la peau une couche qui, mauvaise conductrice de la chaleur, lutte contre le refroidissement périphérique de l'organisme.

C'est encore un rôle purement mécanique que remplit la graisse (*myéline*) que l'on rencontre dans le système nerveux. En enveloppant chaque fibre nerveuse de la périphérie ou des centres, la myéline forme au cylindre-axe une gaine de protection et

d'isolement. On la retrouve non seulement au niveau des nerfs périphériques (*fibres à myéline*), mais encore dans la moelle et le cerveau. Toutes les parties blanches de l'axe cérébro-spinal doivent leur coloration particulière à la myéline, qui entre dans la constitution de leurs parties formatrices.

Mais le rôle du tissu adipeux de l'organisme ne se borne pas à des fonctions exclusivement mécaniques : en s'accumulant à la surface et dans la profondeur, la *graisse constitue une véritable provision de matériaux de réserve*, qui seront utilisés suivant les besoins. Chez les fourmis, par exemple, les reines possèdent des ailes qui ne leur servent que pour le vol nuptial, pendant lequel se fait l'accouplement. Ces appendices, désormais inutiles, disparaissent peut-être par arrachement. JANET, qui vient d'étudier avec beaucoup de soin les mœurs des fourmis, a observé que les reines vivent de dix à quinze ans, ayant périodiquement des pontes pendant toute leur existence. Or les muscles moteurs des ailes, qui sont de beaucoup les organes les plus volumineux, ne sont pour ainsi dire utilisés que pendant un quart d'heure dans une existence de plus de dix années. D'après GIARD, les masses musculaires sont remplacées par des colonnes de cellules adipeuses qui constituent, pour ces animaux, de véritables réserves.

La graisse, chez les vertébrés, s'emmagine dans les périodes où l'alimentation est surabondante pour être reprise et utilisée quand cette même alimentation devient insuffisante. C'est ainsi que, chez les animaux vivant à l'état sauvage, les réserves grasses sont toujours plus abondantes en été qu'à la fin de l'hiver.

Les réserves grasses sont sujettes, chez l'homme, à des variations. Très abondantes pendant l'enfance, on les voit diminuer considérablement à l'époque de la puberté : le corps prend alors des formes élancées, et les modifications observées à cette période de l'évolution, sont dues en grande partie, comme nous l'avons montré, à la raréfaction de la couche grasseuse hypodermique.

Chez l'adulte, le développement du tissu adipeux présente les plus grandes variations. Il est des sujets qui, soit parce qu'ils ont une vie très active, soit parce qu'ils sont insuffisamment nourris, soit enfin parce qu'ils sont dans un équilibre de santé instable, ne possèdent que peu de graisse (*maigreur*). Ils sont maigres, et le demeurent pendant toute leur vie, même quand, chez quelques-uns d'entre eux, la ration alimentaire est plus que suffisante. Il en est d'autres chez lesquels le tissu adipeux prend et conserve des proportions plus développées (*polysarcie*), et peut acquérir un tel développement qu'il constitue une dystrophie véritable, l'*obésité*, que nous étudierons plus loin.

A mesure que l'homme approche de la sénescence, on voit diminuer ses réserves grasses : elles disparaissent même complètement dans l'extrême vieillesse : à cette époque de l'évolution, le corps, en effet, se ride et se racornit. Il se produit cependant dans quelques parties de l'organisme une *infiltration grasseuse*, qui est beaucoup plus un processus d'accumulation qu'un processus de dégénérescence et qui doit être considéré comme un stade de transition entre les dégénérescences physiologique et pathologique. Dans les parois artérielles qui, chez les gens âgés, présentent des plaques d'athérome, on trouve toujours, à côté des grains calcaires, de très fines gouttelettes de graisse agglomérées les unes à côté des autres. De même dans les cartilages, on constate la surcharge grasseuse des cellules. La forme la plus fréquente de cette infiltration d'un tissu par de la graisse est représentée par le *gérontoxon* ou arc sénile. Il constitue, à la périphérie de la cornée transparente, une bandelette blanc-jaunâtre, formée en partie par les cellules fixes ou migratrices devenues grasses, en partie par l'accumulation de graisse dans les lacunes de la membrane. Ce qui prouve bien que cette modification est plus le fait d'une simple accumulation que d'une dégénérescence, c'est qu'on l'observe non seulement chez le vieillard, mais aussi chez l'individu encore jeune, mais polysarcique, en particulier chez la femme obèse.

Parmi les réserves grasses de l'organisme, chez les animaux supérieurs et l'homme, les unes se font dans certains éléments anatomiques et ne sont appréciables qu'au microscope, les autres prennent un tel développement qu'elles forment de véritables organes et deviennent appréciables à la vue.

Au premier groupe appartiennent, par exemple, les enclaves grasses que l'on peut observer dans les cellules cartilagineuses. Emprisonnées dans leurs capsules, incluses dans une substance fondamentale qui ne renferme pas de vaisseaux, dans

laquelle ne pénètrent pas les cellules migratrices, elles doivent accumuler dans leur protoplasma de véritables provisions nutritives. Le cartilage, dans lequel elles représentent les éléments nobles, est un tissu vivant, dans l'intérieur duquel se font des échanges nutritifs. Aussi voit-on le protoplasma des cellules se charger en plus ou moins grande abondance de glycogène et se farcir de granulations graisseuses. La graisse y est ordinairement à l'état neutre, individualisée sous forme de gouttelettes que le bleu de quinoléine teinte en bleu azuré, et l'acide osmique en noir.

Dans certains cartilages, la graisse se montre sous une forme un peu différente : elle ne se colore que peu ou pas sous l'influence de l'osmium, mais elle prend une teinte rose quand on soumet la préparation à l'action de la purpurine et une teinte rouge brique, comme l'hémoglobine du sang, quand on emploie l'éosine soluble dans l'eau ou l'éosine primerose. Des réserves de nature différente, comme le glycogène, la graisse neutre et la graisse à affinité éosinophile peuvent donc se trouver réunies dans un même élément.

La présence de ces enclaves variées dans une même cellule a permis de se demander si elles ne procèdent pas les unes des autres, et si elles ne sont pas le résultat de transformations d'une même substance emmagasinée et modifiée par le protoplasma. Placée à distance des vaisseaux, et n'étant jamais abordée par les cellules lymphatiques, la cellule cartilagineuse est devenue l'instrument de l'élaboration de certaines substances nutritives, nécessaires à l'entretien de la vie dans la portion de protoplasma qu'elle individualise. Elle élabore elle-même les matériaux, glycogène, substance intermédiaire éosinophile, et enfin graisse qui, dans les autres tissus, sont apportés au protoplasma au fur et à mesure de ses besoins. Mais, si cette élaboration cellulaire est possible, c'est que la substance intercellulaire, c'est-à-dire la substance fondamentale, malgré son homogénéité, est perméable au plasma exsudé du sang et que son imbibition par ce plasma est suffisante pour apporter aux cellules les matériaux de la nutrition.

Il est, dans l'organisme des mammifères adultes, un tissu qui, par une évolution particulière, devient une véritable réserve de graisse : ce tissu est la *moelle osseuse*.

C'est vers le troisième mois de la vie intra-utérine qu'apparaissent, chez l'homme, les premiers rudiments de la moelle osseuse, au sein même des premières formations cartilagineuses. Ils ne constituent un véritable tissu que quand s'effectue l'ossification du squelette primitif, c'est-à-dire quand l'os se substitue au cartilage. S'étendant progressivement, au fur et à mesure de l'ossification, la moelle osseuse est en pleine activité au moment de la naissance. Cette activité se continue pendant toute la deuxième enfance : la moelle conserve sa coloration rouge (*moelle rouge*). Mais, peu à peu, avec les progrès de l'âge, la moelle diaphysaire devient de plus en plus graisseuse (*moelle jaune*), et finalement, chez l'adulte, elle ne demeure rouge que dans certains os, tels que les os plats du crâne, les corps des vertèbres, les côtes, le sternum. Souvent même, sinon toujours, la moelle dans ces divers segments du squelette devient, elle aussi, complètement graisseuse chez les vieillards. Il peut même arriver qu'à un âge avancé la moelle diaphysaire du fémur n'est plus représentée que par quelques traînées jaunâtres, tendues entre les parois osseuses et limitant des interstices remplis par une huile jaune. Au point de vue histo-physiologique, la moelle rouge, renfermant les éléments du tissu myéloïde entremêlés à quelques éléments lymphoïdes, constitue la moelle active; la moelle jaune n'est qu'une provision de réserve; mais, comme l'a montré DOMINICI, elle peut, à la suite de saignées répétées ou dans les infections, recouvrer toute son activité formatrice.

Au moment de la transformation de la moelle rouge en moelle jaune, on voit les éléments caractéristiques du tissu myéloïde (mégacaryocytes, cellules hémoglobinières, myélocytes granuleux et leurs myéloblastes, DOMINICI), disparaître peu à peu et les cellules fixes du réticulum conjonctif se charger progressivement de gouttelettes, de granulations graisseuses. Celles-ci confluent bientôt dans chaque élément et refoulent le protoplasma à la périphérie, où on le retrouve avec le noyau sous forme d'une mince collerette. La cellule adipeuse, ainsi constituée, se transforme bientôt en vésicule adipeuse, munie d'une mince membrane.

Quand on examine une coupe de la moelle, portant sur le milieu du cylindre médullaire, empruntée au fémur d'un lapin, on aperçoit, vers la partie centrale, la section

d'une artère assez volumineuse, engainée dans les trois quarts de sa circonférence par un sinus veineux. Comme l'ont fait remarquer ROGER et JOSUÉ, cette artère est le principal vaisseau afférent, le sinus veineux constituant, de son côté, le principal vaisseau efférent. Pour DOMINICI, ces deux vaisseaux contigus constituent l'axe de l'armature conjonctivo-vasculaire de la formation médullaire. De l'axe vasculaire partent et s'en vont, s'irradiant dans toutes les directions, de minces fibrilles conjonctives et élastiques. En s'anastomosant les unes avec les autres, elles délimitent des mailles plus ou moins larges dans lesquelles se trouvent encloses les vésicules adipeuses. Entre ces dernières, on aperçoit, sur des préparations colorées, des coulées de cellules formées par des globules rouges et des globules blancs.

Sans nous étendre davantage sur la structure intime de la moelle osseuse jaune, nous pouvons dire que sa richesse en graisse est tout à fait remarquable : des analyses faites par les chimistes, par BERZELIUS en particulier, il résulte que la moelle des os renferme 96 p. 100 de graisse.

Cette énorme masse de réserve peut être utilisée suivant les besoins de l'organisme. Si elle disparaît, la moelle change d'aspect et devient *gélatineuse*. BIZZOZERO a étudié cette évolution régressive de la formation médullaire : il a constaté qu'à mesure que les cellules adipeuses perdent leur graisse, on voit réapparaître le réticulum protoplasmique qui appartient en propre à chaque élément. Redevenues cellules conjonctives étoilées, les cellules du tissu médullaire laissent entre elles des espaces qui se remplissent d'une substance gélatiniforme, ayant les caractères de la mucine.

A la suite de saignées répétées (DOMINICI), à la suite d'injections de cultures microbiennes ou de toxines (ROGER et JOSUÉ, DOMINICI), au cours des maladies infectieuses, la graisse disparaît de la moelle osseuse et celle-ci redevient rouge et active : les globules rouges, les cellules hémoglobinières, les éléments blancs de la série myélogène reparaissent en grand nombre et prennent la place des éléments en voie de régression. Les cellules adipeuses ont, en effet, disparu dès le troisième jour qui suit une injection de culture microbienne, une culture de streptocoque, par exemple. Il a été toutefois jusqu'alors impossible d'analyser le processus suivant lequel se fait la disparition de la graisse de réserve. L'infection ayant disparu, la provision grasseuse se reforme par le même mécanisme que celui qui a été précédemment indiqué.

Ce n'est pas seulement dans une cellule et dans un tissu, mais encore dans un organe que se font les accumulations grasseuses de réserve. Chez un grand nombre d'animaux, *on voit s'accumuler dans le foie des provisions de graisse*, susceptibles de subvenir à leurs besoins, plus particulièrement pour certains d'entre eux pendant la saison d'hiver.

CLOTILDE DEFLANDRE, qui a tout dernièrement étudié la fonction adipogénique du foie chez les invertébrés, a constaté que, chez ces animaux, la glande hépatique est un véritable entrepôt de réserves nutritives, essentiellement constituées par des graisses et économisées pendant la saison favorable à la suralimentation.

DASTRE a, de son côté, signalé la présence presque exclusive et la surabondance des graisses dans le foie des crustacés : 6 grammes de foie desséché contiennent 28^r,98 de graisse chez le crabe, 38^r,04 chez la langouste. Chez ces animaux, les autres tissus ne renferment, ainsi que nous l'avons précédemment indiqué, aucune proportion de substances grasses.

Chez certains poissons, le foie est imbibé de graisse (huile de foie de morue); chez quelques-uns, comme la loche, l'infiltration est telle que l'organe forme une véritable masse adipeuse.

Dans l'engraissement des volailles, la quantité de graisse accumulée dans le foie peut atteindre des proportions énormes, et c'est sur cette singulière propriété qu'est basée l'industrie des foies gras. En pareil cas, la graisse, accumulée dans les cellules hépatiques, dérive probablement pour une part d'autres matériaux que de celle qui a été ingérée. Une oie est susceptible, d'après BOUSSINGAULT, quand elle est soumise à l'engraissement, de former 17 grammes de graisse par jour, avec des aliments autres que des corps gras.

Pendant la vie intra-utérine, et aussitôt après la naissance, le foie est, chez les mammifères, normalement surchargé de graisse; il en est ainsi aussi bien chez le cobaye

que chez l'homme. A cette période, il est également chargé de glycogène. Toutes les réserves sont donc accumulées dans le foie pour assurer la vie, si défectueuse, dans les premiers jours de l'existence, ainsi d'ailleurs que nous l'avons observé dans certains tissus de la larve chez les insectes. Le glycogène est, en pareil cas, péri-sus-hépatique et la graisse est péri-portale, d'après NATTAN-LARRIER. Dans les quelques jours qui suivent la naissance, la graisse disparaît entièrement, et le foie devient plus riche en glycogène d'après l'auteur que nous venons de citer, il s'agirait d'une véritable transformation de la graisse en glycogène. Il semble y avoir corrélation étroite entre l'activité de la cellule hépatique, caractérisée histologiquement par la réaction ergastoplasmique et l'accumulation, à son niveau, des réserves glycogéniques et graisseuses.

Enfin, on connaît, chez l'homme adulte, la fréquence des surcharges et infiltrations graisseuses du foie dans les états pathologiques. On peut retrouver dans les cellules hépatiques des granulations de graisse ou de lécithine qui dérivent évidemment d'autres substances que des matières grasses : leur présence est constante dans le foie des buveurs, des tuberculeux, des intoxiqués (empoisonnement par le phosphore en particulier) » (GILBERT et CARNOT).

En résumé, la graisse peut s'accumuler dans une cellule (cellule cartilagineuse), dans un tissu (moelle osseuse), dans un organe (foie) ; elle peut de même s'amasser dans un organisme tout entier, comme la chose s'observe chez les animaux hibernants.

LES RÉSERVES GRAISSEUSES CHEZ LES ANIMAUX HIVERNANTS.

Tous les animaux inférieurs (*invertébrés, insectes, crustacés, mollusques*), tous les animaux à sang froid (*poissons*, sauf quelques espèces vivant au fond des eaux qui ne gèlent pas), *lacertiens, batraciens, reptiles*), en d'autres termes tous les animaux qui ne produisent que peu de chaleur, sommeillent pendant l'hiver. Parmi les *mammifères*, il en est certains qui tombent également, pendant la saison froide, dans un véritable état de torpeur. On leur a donné le nom d'*animaux hibernants* : ils se distinguent par la curieuse propriété qu'ils possèdent de retrouver leur vitalité, dès que la température ambiante s'abaisse vers 0°. « Les limites les plus favorables pour la production de la torpeur hivernale des *mammifères* sont entre + 10 et + 5°. Lorsque le froid devient un peu vif, vers 0° ou au-dessous, ils sortent spontanément de leur immobilité, tandis que les autres hibernants s'y enfoncent de plus en plus, sans qu'on observe la moindre réaction de réveil » (RAPHAEL DUBOIS).

Certains *faux hibernants*, comme l'*ours*, le *blaireau*, engraisser pendant la belle saison et se retirent dans des retraites qu'ils ont préparées pour y passer l'hiver ; ils demeurent assoupis pendant des journées entières, réduisant leurs dépenses au minimum. La température de leur corps n'est supérieure que de quelques dixièmes de degrés à celle du milieu ambiant. Les *écureuils* se comportent de la même façon, mais accumulent des provisions, en particulier des graines oléagineuses, dont ils se nourrissent quand la faim les réveille.

Dans nos pays, les *véritables hibernants* se rencontrent parmi les *insectivores* (*hérisson*), les *chiroptères* (*chauve-souris*), les *rongeurs* (*marmotte, loir, lérois commun, chien des prairies ou écureuil jappant acclimaté en France*).

Si les *mammifères hibernants* appartiennent à des groupes fort différents au point de vue zoologique, tous possèdent la curieuse propriété d'amasser dans leur organisme, pendant la belle saison, des réserves nutritives, et plus particulièrement de la graisse. Celle-ci s'emmagine dans les cellules conjonctives, un peu partout dans l'organisme ; on retrouve, en effet, des vésicules adipeuses sous la peau, dans l'abdomen, entre deux feuillets du péritoine, autour des viscères. Toutefois, les formations graisseuses affectent certaines localisations particulières, déjà notées par PRUNELLE, par VALENTIN, et qu'on a de la tendance à considérer comme de véritables glandes. De toutes ces formations, la plus constante, comme aussi la plus importante, est appelée *glande hivernale*.

Elle siège dans la région occupée par le thymus, mais s'étend dans la région du cou, dans la partie supérieure de la cavité thoracique et envoie des prolongements jusque dans l'aisselle et dans la région dorsale. Dans cette dernière, elle forme, chez la *chauve-souris*, par exemple, deux masses plus ou moins volumineuses, disposées symétrique-

ment entre les omoplates. On la retrouve chez le fœtus humain, ainsi que cela résulte de recherches toutes récentes poursuivies en Allemagne.

Les caractères macroscopiques, dimensions, couleur, etc., de la glande hivernale varient suivant les espèces, l'âge des individus et aussi suivant les saisons. Il en est de même de ses caractères histologiques, qui ont été analysés minutieusement par EHRMANN.

La *glande hivernale* est formée par la réunion de grosses cellules polygonales, amoncelées les unes contre les autres en lobes et lobules, enfouies dans un stroma conjonctif dont il est assez difficile de les isoler. Le stroma renferme de nombreux capillaires sanguins. Si l'examen histologique est fait au printemps, chez le *hérisson*, par exemple, les éléments se présentent avec des aspects différents : on trouve des cellules avec un noyau rond et un protoplasma parsemé de granulations, des cellules mûriformes renfermant de grosses gouttelettes graisseuses séparées par de minces travées protoplasmiques granuleuses, et enfin des vésicules adipeuses ordinaires.

PRUNELLE a, un des premiers, constaté que la glande hivernale s'atrophie en été. VALENTIN a, de son côté, observé que ses prolongements se rétractent et disparaissent pendant la même saison. Quand vient l'automne, en septembre par exemple, les cellules se chargent progressivement de graisse. Les modifications dont les éléments de réserve sont le siège pendant l'hiver ont pu être analysées chez la *chauve-souris*. Dès le mois de janvier, il y a disparition de la plus grande partie des globules graisseux : la marge protoplasmique des cellules devient plus large et présente une structure réticulaire. En février, la diminution de la réserve graisseuse est plus accentuée encore : les cellules sont devenues anguleuses et le noyau se rapproche de la partie centrale. A une étape plus avancée enfin, les éléments, ayant perdu toutes leurs réserves, sont constitués par du protoplasma granuleux, renfermant de petites cavités remplies d'un liquide séreux. Leur aspect rappelle celui que l'on observe chez les animaux qui ont considérablement maigri.

Il est une donnée anatomique qu'il faut rapprocher de celles qui viennent d'être résumées et qui présente, au point de vue biologique, une certaine importance. Chez des animaux jeunes, tels que des *chiens*, des *chats*, des *lapins*, on trouve dans le cou, la nuque, la région interscapulaire, un amas adipeux qui rappelle, par sa disposition, sa forme, sa coloration, ses prolongements, la glande graisseuse des animaux hibernants. Dans ces accumulations de cellules adipeuses, on retrouve des formations lymphatiques qui démontrent l'étroitesse, précédemment signalée, des relations qui unissent les ganglions lymphatiques aux masses adipeuses.

La glande hivernale est donc constituée par des formations conjonctives dont la fonction est d'emmagasiner de la graisse : celle-ci est utilisée pendant le sommeil hivernal, car, si les échanges sont ralentis au cours de cet engourdissement physiologique, ils n'en persistent pas moins : la température de l'animal, qui normalement oscille autour de 37°, tombe et se maintient entre 7° et 12°.

Pendant l'état de veille, les animaux hibernants, avides d'accumuler rapidement leurs réserves, deviennent très voraces, ils arrivent à être carnivores, alors que normalement ils sont insectivores ou rongeurs ; aussi les voit-on s'entre-dévorer plutôt que de rester à jeun. Leur formidable appétit se conserve jusqu'à l'approche du sommeil hivernal.

La graisse, qu'ils accumulent ainsi, dans leur organisme, sous forme de réserve, est jaune. Si on la fait chauffer au bain-marie, il s'en échappe une huile ambrée, qui laisse, au bout d'un certain temps, déposer une partie plus solide et blanchâtre. Cette huile reste fluide à 18° ; elle s'épaissit à 42° et prend la consistance du beurre à 1°. L'analyse chimique a permis de constater que la partie solide est une tripalmitine, la partie fluide, une trioléine.

Au moment où il s'endort au seuil de l'hiver, l'animal hibernant est une masse de graisse. Par contre, quand, au printemps, il se réveille, toute sa provision de réserve a disparu. De 17 p. 100 du poids total, la graisse est tombée à quelques grammes. La disparition est telle qu'on ne retrouve même plus le coussinet adipeux de l'œil. La diminution est toutefois moins marquée pour le foie, qui, de 3,33, descend seulement à 2,25 p. 100, et, s'il en est ainsi pour cet organe, c'est que toute la graisse absorbée a été utilisée et transformée en glycogène qui, au moment du réveil printanier, se trans-

forme en sucre ou hydrate de carbone, nécessaire à la reprise et à l'entretien de l'activité vitale.

L'utilisation des corps gras, pendant l'hivernation, est telle que tout converge vers leur production, même pendant le complet sommeil. C'est ainsi que, si l'animal, au moment où il s'endort, n'a pas accumulé de graisse en quantité suffisante, il se réveille de loin en loin pour manger. En pareil cas, les albuminoïdes assimilés ne fournissent pas d'hydrates de carbone, mais, par dédoublement simple, de l'urée et des corps gras.

En résumé, pendant la saison d'été, l'animal hibernant accumule de la graisse; pendant l'hiver, il utilise cette graisse, dont une partie se transforme en glycogène. Au moment du réveil, le glycogène est directement utilisé par la reprise et l'entretien de l'activité vitale.

L'ENGRAISSEMENT DES ANIMAUX DOMESTIQUES.

Si les réserves graisseuses sont, en général, peu abondantes chez les animaux qui vivent à l'état sauvage, il n'en est pas de même chez ceux qui sont réduits à la domesticité; chez ces derniers, on trouve toujours de la graisse en excès dans les parties superficielles, comme dans les parties profondes. Il est certaines espèces qui présentent de plus, lorsqu'elles sont placées et maintenues dans des conditions favorables, une tendance à l'*engraissement*, c'est-à-dire à l'accumulation de réserves de graisse. En même temps que la graisse s'amasse, la chair musculaire, qui doit servir à l'alimentation, devient plus succulente.

Une longue pratique a permis aux éleveurs de formuler les règles qui doivent être suivies pour obtenir aussi rapidement qu'économiquement les résultats les meilleurs. Les succès de l'engraissement dépendent, tout d'abord, du choix des animaux que l'on veut y soumettre. Comme le sol, qui multiplie la semence en raison de sa fécondité, ceux-ci produisent plus ou moins, suivant qu'ils sont plus ou moins bien appropriés à leur destination. La race, la conformation, la taille, la constitution, l'âge, l'état de santé, le sexe sont autant de conditions qui doivent faire l'objet d'un examen attentif.

L'engraissement peut s'obtenir de façons différentes : tantôt les animaux sont placés à l'étable et maintenus au repos, dans une demi-obscurité; tantôt on les fait vivre au grand air, dans un pâturage. On diminue toujours autant que possible leurs dépenses, en même temps que, par une alimentation judicieusement combinée, on augmente leurs recettes. Ils sont en effet soumis à la suralimentation, et celle-ci doit-être réglée de façon à ne point déterminer de troubles dans le fonctionnement de l'appareil digestif.

Si nous prenons comme exemple l'engraissement des bovidés, nous verrons que, dans les environs des grandes villes seulement, on utilise les vaches en vue de cette destination. Comme ce n'est que lorsqu'elles ont vieilli ou qu'elles ont perdu leur qualité lactifère qu'on les engraisse pour les livrer à la boucherie, la viande qu'elles fournissent n'est jamais que de qualité inférieure. Il n'en serait pas de même si elles étaient engraisées pendant l'âge adulte, après les premières portées, lorsqu'elles sont vigoureuses, bien portantes, et qu'elles possèdent l'aptitude à prendre la graisse. Dans toutes les espèces, les femelles ne jouissent-elles pas, à conditions égales, de la faculté de s'entretenir plus facilement que les mâles dans un état satisfaisant d'embonpoint, surtout quand elles ne sont pas épuisées par des travaux au-dessus de leurs forces.

Les animaux mâles sont donc préférés; mais, comme ils sont vifs, ardents, souvent soumis à une surexcitation provoquée par le désir du rapprochement sexuel et exposés à de grandes déperditions, on les prive de leurs organes génitaux. En supprimant l'action des organes génitaux, l'émasculatation transforme, d'une manière radicale, tout l'organisme. Lorsque la castration a été pratiquée dès le jeune âge, la tête, l'encolure, les épaules ne prennent pas le développement exagéré qui s'observe chez le taureau. Les muscles sont moins saillants; ils se trouvent enveloppés et pénétrés par une masse considérable de tissu cellulaire; leurs fibres sont plus blanches, plus ténues, plus délicates. Les sujets offrent moins de résistance à la fatigue et aux causes morbides, mais ce défaut est largement compensé par une plus grande docilité et une tendance plus marquée à accumuler la graisse (voir *Castration*).

Les divers états d'engraissement sont exprimés, chez les éleveurs, par certaines dénominations qu'il faut connaître : on utilise, en effet, communément, les expressions

« en bonne viande, gras, haute graisse, fin gras » ; tous ces termes correspondent aux divers états que présentent les animaux. Le premier degré de l'engraissement, c'est-à-dire l'état désigné par les mots en chair, en bonne viande, est caractérisé par une apparence de santé et de vigueur qui donne à l'animal un air gai. De cet état, considéré comme point de départ, le bœuf passe insensiblement à un degré supérieur, par un accroissement progressif de son corps. Les protubérances saillantes semblent s'effacer, les dépressions extérieures se combler, les dépôts de graisse s'amassent en diverses régions. Puis peu à peu la gaité diminue pour disparaître complètement : la démarche devient lourde, embarrassée. Les saillies s'effacent complètement, le corps s'arrondit : l'animal est arrivé à l'état que l'on appelle fin-gras, état que quelques auteurs ont comparé à celui d'un fruit mûr, qu'il faut se hâter de cueillir (VIAL).

La graisse, formée pendant la période d'engraissement, ne se dépose pas toujours avec la même uniformité dans toutes les régions. Certains animaux ont la faculté de l'accumuler principalement autour des viscères ; on les dit gras en dedans. Chez d'autres, les dépôts se font surtout dans les parties externes, on les dit gras en dehors. Le plus souvent, il y a corrélation entre les deux espèces d'accumulation et, dans la pratique, c'est par l'examen des formes extérieures que l'on cherche à apprécier le poids et les qualités commerciales d'un animal de boucherie.

STEPHEN, cultivateur anglais, a cherché, en le soumettant à des règles méthodiques, à donner à ce mode d'appréciation la plus grande précision possible. Il compare le corps d'un bœuf gras à un parallélogramme rectangulaire et il en conçoit une opinion d'autant plus favorable, quant à la quantité des produits, qu'il se rapproche davantage de cette figure géométrique. On inscrit les différentes faces (latérales, postérieure, antérieure, supérieure) de l'animal dans des cadres rectangulaires, et chacune de ces faces doit remplir le cadre de la manière la plus complète.

Pour atteindre une exactitude plus grande, les données fournies par la vue demandent à être contrôlées par une exploration méthodique pratiquée avec la main. Il existe, en effet, sur le corps de l'animal des points particuliers qui ont une situation fixe et dans lesquels la graisse s'accumule de préférence. Ces points sont désignés par le nom générique de *maniements*. L'exploration des maniements a pour but de reconnaître l'importance des couches de graisse dont ils sont le siège, d'apprécier si celle-ci est dure, ferme ou molle et de tirer de là des inductions relatives à la qualité de la viande et au poids net de l'animal. Cette opération s'effectue, soit en appliquant la main sur le manient, soit en cherchant à prendre la couche de graisse entre le pouce et les autres doigts de la main pour en mesurer l'épaisseur.

Ces données fournies par l'examen extérieur peuvent être contrôlées par la recherche du poids faite à l'aide de la bascule, soit pendant la vie, soit après l'abattage. C'est, en effet, surtout après la mort que l'on peut se rendre compte des énormes proportions qui peuvent atteindre les réserves graisseuses chez des animaux dont le poids total arrive à dépasser 1 000 kilogrammes.

Les éleveurs ne pratiquent pas seulement l'engraissement chez les animaux adultes, ils choisissent parfois aussi de jeunes bêtes, en particulier des veaux. L'engraissement des veaux est une industrie qui se pratique surtout dans les environs des grandes villes : les veaux blancs, généralement très gras, sont ainsi nommés parce qu'ils ont la chair très pâle et d'une blancheur éclatante, quand elle est cuite. Cet aspect est en rapport avec la pauvreté du sang en globules rouges et avec l'état d'anémie dans lequel ils se trouvent. Les animaux sont étiolés par un séjour constant dans une quasi-obscurité. On juge de leur qualité par la pâleur de leur conjonctive et de leur muqueuse buccale. Ils sont nourris exclusivement avec du lait ; on leur en fait ingérer la plus grande quantité possible ; vers la fin de l'opération, qui dure parfois trois mois, il en est qui arrivent à consommer jusqu'à dix-huit litres de lait par jour. On joint aussi à leur ration alimentaire des œufs frais et crus, qu'on leur fait avaler avec la coquille, mais la grande difficulté est d'arriver à cette alimentation intensive sans provoquer l'indigestion ou la diarrhée (SANSON).

Sans nous étendre davantage sur l'engraissement des autres espèces d'animaux (porcs, moutons), nous ferons mention des résultats obtenus chez des oiseaux de basse-cour (dindons, pintades, poulets, oies, canards). On cherche chez eux à produire soit un

engraissement généralisé à tout le corps, soit un engraissement prédominant dans certains organes, tels que le foie. On voit alors cet organe, plus particulièrement chez l'oie et le canard, atteindre des proportions phénoménales et peser à lui seul plus d'une livre.

L'obésité. — La règle générale qui préside à l'engraissement des animaux domestiques peut être résumée de la façon suivante : réduire au minimum les dépenses, élever au maximum les recettes fournies par une alimentation judicieusement combinée. Il s'agit donc d'une véritable rupture de l'équilibre organique, provoquée dans un but déterminé. Mais cette rupture peut se faire spontanément chez l'homme, surtout chez certains individus prédisposés et dans certaines conditions; elle aboutit, comme chez les animaux, à la formation d'abondantes réserves adipeuses et arrive à constituer un état particulier désigné sous le nom *d'obésité*.

Ainsi qu'il a été précédemment indiqué, les réserves graisseuses varient, chez l'homme, aux différentes périodes de la vie. Si certains individus sont maigres et demeurent maigres pendant toute leur vie, la majorité des autres met et tient en réserve une proportion constante de graisse. Cette proportion a été définie par BOUCHARD qui admet qu'un adulte normal, dont la taille est voisine de 1^m,70, pèse en moyenne 70 kilogrammes et a dans son corps 9 k. 400 de graisse. Le même auteur, reprenant les données de v. NOORDEN, admet comme composition moyenne du kilogramme de corps humain les proportions suivantes :

Albumine.	160 grammes.
Graisse	130 —
Eau.	660 —
Matières minérales.	50 —
	1 000 —

Il s'en faut que ces proportions demeurent constantes et, sous des influences diverses, on voit varier celles de la graisse qui nous intéressent plus particulièrement.

En se basant sur les résultats obtenus dans l'engraissement des animaux domestiques, on avait été amené tout naturellement à attribuer à l'alimentation excessive un rôle important dans la production de l'obésité. Mais, après avoir considéré l'engraissement comme la résultante fatale de l'excès des recettes sur les dépenses, les physiologistes posèrent autrement les termes du problème; lorsque l'étude de la valeur calorique des aliments se trouva faite et lorsque le principe de l'isodynamie des aliments fut admis. On formula que l'engraissement survenait lorsque le nombre des calories utilisées était plus petit que le nombre des calories reçues : on ajoutait à cela que le principe restait vrai, quelle que fût la nature de l'aliment, et qu'il n'y avait pas lieu de s'occuper de la teneur en graisse; seule, la valeur calorique était utile à connaître (v. NOORDEN cité par LEVEN). L'étude de 111 obèses, 36 hommes et 75 femmes a appris à BOUCHARD que 50 avaient un régime normal, 40 étaient gros mangeurs et que 10 avaient une ration quotidienne inférieure à la normale.

On a accusé aussi, comme cause d'engraissement, l'absorption exagérée d'aliments liquides, de l'eau en particulier. Il est légitime, aujourd'hui, d'affirmer que l'eau ne fait ni maigrir ni engraisser, lorsqu'on a analysé les nombreuses expériences faites pour élucider le problème de l'influence de l'eau sur l'obésité, dont les données sont si nettement exposées dans un travail de CALLAMAND. Les recherches de DEBOVE et FLAMAND peuvent être considérées comme absolument démonstratives. La notion inexacte que l'eau fait engraisser, soutenue par tant d'auteurs en France et à l'étranger, comme le fait remarquer LEVEN, auquel nous empruntons toutes ces données, reposait sur les travaux bien peu scientifiques de DANCEL, qui avait emprunté à BOUSSINGAULT des conclusions que ce savant n'avait jamais formulées.

C'est BUNGE qui a soutenu que l'insuffisance de l'exercice musculaire était la seule et unique cause de l'engraissement. Pour formuler une semblable proposition, il a dû se contenter d'observer des obèses qui, sous l'influence d'un exercice exagéré, perdent rapidement du poids. Son erreur est de même nature que celle du médecin qui supprime l'eau à un obèse, et le voit, avec joie, perdre 3 à 4 kilogrammes en quelques jours. La diminution de poids rapide, consécutive à un exercice pénible, est passagère : dès que

l'individu cesse l'exercice, son poids augmente à nouveau. Sur 100 obèses qu'il examina Bouchard remarque que 33 avaient une vie insuffisamment active; il est amené à formuler son opinion de la manière suivante : « L'obésité, cette maladie des gourmands et des paresseux, ne reconnaît pour cause, dans la moitié des cas, ni l'abus des aliments, ni le défaut d'exercice. »

Le problème n'est donc pas aussi simple qu'on serait tenté de le croire au premier abord, et lorsque WORTHINGTON cite l'exemple des entraîneurs anglais, il ne voit pas que le canotier, qui perd 4 livres anglaises après une course, a perdu de l'eau et non pas de la graisse, tout aussi bien que les jockeys qui perdent 21 livres en huit jours ou même 17 livres en 24 heures, comme on l'a observé.

Actuellement, on tend à considérer l'obésité comme un symptôme morbide ayant sa raison d'être dans un trouble de la nutrition. Comme la nutrition est sous la dépendance du système nerveux, on a été amené à rechercher si le système nerveux a une influence directe sur l'engraissement. LEVEN a rassemblé les preuves susceptibles de confirmer une semblable hypothèse; il a montré, en particulier, que l'adipose localisée peut se produire à la suite de lésions nerveuses, de névralgies anciennes, par exemple; qu'on peut observer l'adipose généralisée à la suite d'émotions morales, de traumatismes, de maladies du système nerveux et que les symptômes de névrose, de neurasthénie se retrouvent souvent, sinon toujours, chez les obèses. Il a confirmé enfin l'opinion de Bouchard, pour lequel l'obésité n'est que le symptôme d'une nutrition troublée, au même titre que l'asthme, le diabète, la goutte ou qu'une des autres manifestations morbides rangées dans le groupe des maladies par ralentissement de la nutrition, les maladies névro-arthritiques on dans la famille névropathique. Le même auteur a enfin montré la part qui revient dans la production de l'obésité aux troubles apportés dans les fonctions gastriques, et donné la preuve que tous les obèses sont dyspeptiques.

Quoi qu'il en soit de cette pathogénie, l'obésité peut s'observer chez l'homme et chez la femme. Les hommes obèses sont nombreux et, chez eux, la surabondance de graisse est surtout marquée lorsqu'ils ont atteint l'âge adulte. Chez la femme, l'obésité est principalement contemporaine de la puberté, de la grossesse, de la lactation et de la ménopause, c'est-à-dire des actes importants de la vie génitale.

L'adiposité peut s'observer aussi chez les enfants et les adolescents; elle est chez eux une manifestation de leur hérédité neuro-arthritique.

LES ORIGINES DES GRAISSES ANIMALES.

La cellule fixe du tissu conjonctif, différenciée et devenue vésicule adipeuse, est donc susceptible soit d'accumuler, parfois même jusqu'à l'excès, des provisions de réserve dans les mailles de son protoplasma, soit de céder ces provisions suivant les besoins de l'organisme. Mais d'où tire-t-elle ces provisions de réserve, en d'autres termes quelle est l'origine de la graisse que l'on trouve dans l'organisme animal?

Cette origine a soulevé et soulève encore de nombreuses controverses. Pendant les premières phases du développement, le fœtus, chez les animaux ovipares, trouve dans le jaune d'œuf toutes les provisions graisseuses (lécithine, etc.), dont il a besoin, et il les utilise successivement, jusqu'à épuisement, au cours de son développement. Il en est du jaune (graisse), comme du blanc (albumine), comme de la coquille (sels de chaux); toutes ces parties disparaissent ou diminuent au fur et à mesure que se poursuit l'incubation. Les phénomènes d'utilisation de matériaux de réserve sont comparables à ceux que nous avons observés chez les plantes (graines oléagineuses).

Chez les animaux ovipares, l'ovule est peu riche en réserves graisseuses; sa pauvreté en matières grasses est telle qu'on décrit comme *alécithe*, c'est-à-dire comme privé de jaune. Une abondante provision serait d'ailleurs inutile, car l'ovule, une fois fécondé, se greffe sur l'organisme maternel dont il dérive, et c'est le sang même de cet organisme qui lui fournira tous les matériaux nécessaires à son développement.

Après la naissance, c'est-à-dire à l'époque où le fœtus se trouve séparé de l'organisme sur lequel il était greffé, c'est encore la mère qui, par le lait qu'elle fournit, supplée aux besoins du jeune être. Quand il vit de sa propre vie, la graisse, qu'il consomme ou qu'il accumule, lui est fournie par les aliments qu'il ingère: elle provient soit des matières albuminoïdes, soit des hydrates de carbone.

Comme l'écrivait LANGLOIS, la première supposition, qui vient nécessairement à l'esprit, est que la graisse de l'organisme animal a pour origine la graisse alimentaire. En augmentant la ration de matières grasses donnée aux animaux soumis à l'engraissement, on active en effet celui-ci, en même temps qu'on l'accroît.

« Mais une observation, même superficielle, ayant montré que, chez les herbivores, surtout, la quantité de graisse, déposée dans les tissus ou secrétée par le lait des femelles, ne pouvait être fournie par l'alimentation végétale, il se produisit une réaction telle qu'on nia la formation, même partielle, de la graisse organique aux dépens de l'alimentation grasse et il fallut démontrer, par des faits expérimentaux, cette possibilité de l'assimilation des graisses alimentaires ».

On peut, de deux façons différentes, démontrer la fixation dans les tissus animaux de la graisse alimentaire.

HOFFMANN fait jeûner un chien pendant trente jours. L'animal perd dix kilogrammes de son poids pendant l'expérience. Comme on sait que la perte de poids porte avant tout sur la graisse, on peut admettre qu'à cette époque, la totalité des réserves graisseuses a disparu. Ainsi dégraissé, le chien est nourri pendant cinq jours avec du lard et une quantité minime de viande. A ce moment, on retrouve dans ses tissus une quantité notable de graisse et sa proportion correspond à 43 pour 100 de la graisse ingérée.

PETTENKOFFER et VOIT procèdent d'une autre manière : il donnent à un chien une alimentation presque exclusivement grasse et ils dosent l'azote excrété et l'acide carbonique exhalé. L'azote trouvé correspond aux albuminoïdes ingérés ; mais une partie du carbone ne se retrouve pas dans les produits de l'excrétion pulmonaire et cette quantité en moins est supérieure à celle que pourrait donner le carbone des albuminoïdes fixés. Les physiologistes de Munich en concluent que l'organisme peut fixer jusqu'à 35 pour 100 des graisses alimentaires.

Une seconde méthode a permis de montrer que la graisse, absorbée dans le canal intestinal, se fixe dans l'organisme.

La graisse du corps des animaux supérieurs est constituée, comme nous l'avons précédemment indiqué, par un mélange de trois éthers glycériques : la tripalmitine, la tristéarine et la trioléine. Ces trois graisses se trouvent en proportions variables, suivant l'espèce animale, et chacune d'elles ayant un point de fusion différent, le mélange complexe présente un point de fusion dépendant de cette composition. La graisse de mouton, par exemple, très riche en stéarine et en palmitine, a un point de fusion (40°) supérieur à la graisse de chien (20°) qui renferme une quantité notable d'oléine. LEBEDEFF et MUNK ont utilisé cette propriété. En nourrissant un chien avec de la graisse de mouton, on trouve dans les tissus de l'animal une graisse dont le point de fusion est supérieur à 20°. En donnant de l'huile d'olives, on abaisse au contraire le point où la graisse recueillie devient liquide (LANGLOIS).

En faisant ingérer à des animaux une graisse qui n'existe pas normalement dans leur organisme, l'acide érucacique par exemple, RADZIEJEWSKI et SUBBOTIN ont retrouvé cette graisse localisée dans certaines régions ; elle s'y trouvait, il est vrai, en faibles proportions, mais sa présence n'en était pas moins évidente.

D'après CLAUDE BERNARD et la plupart des physiologistes qui ont étudié la digestion des graisses, ces dernières ne commenceraient à être attaquées que dans l'intestin et qu'après avoir subi l'action du suc pancréatique. Des recherches récentes tendraient à prouver que le dédoublement des graisses commence déjà d'une façon manifeste dans l'estomac. C'est du moins l'opinion à laquelle semblent se rallier maintenant VOLHARD et GÜRBER. (VOLHARD, *Zeitschr. klin. Medic.*, 1901, p. 397-420. GÜRBER, *Digestion stomacale des graisses. Société médicale de Würzburg*, 21 nov. 1901.)

MAGENDIE avait d'ailleurs admis autrefois que les matières grasses subissaient une véritable transformation dans la première partie du tube digestif et plus particulièrement dans la partie pylorique.

La graisse, accumulée sous forme de réserves, peut donc provenir des matières grasses, végétales ou animales ingérées. Celles-ci, lorsqu'elles ont pénétré dans le tube digestif, subissent une série de modifications dont le but est d'assurer leur absorption et leur assimilation.

Dans l'estomac, les graisses alimentaires sont soumises à une double action, méca-

nique et chimique. S'il s'agit, en effet, de graisses animales, incluses dans des cellules conjonctives, le suc gastrique, en désagrégeant la trame qui unit les éléments les uns aux autres, en dissolvant le protoplasma qui les forme, libère les enclaves cellulaires et leur permet de se mélanger aux autres parties constituantes du bol alimentaire. Avec elles, elles sont soumises à un brassage plus ou moins long, en rapport avec les contractions plus ou moins énergiques de l'estomac, brassage qui commence à assurer leur division.

MAGENDIE avait admis autrefois que les matières grasses subissaient une véritable transformation dans la première portion du tube digestif et plus particulièrement dans la partie pylorique de l'estomac. CONTEJEAN a reconnu depuis que l'agent chimique qui intervient en pareil cas n'est autre qu'un ferment saponifiant, capable de refluer de l'intestin par le pylore.

De plus, dans l'estomac, si leur point de fusion n'est pas supérieur à la température du corps de l'animal qui les a ingérées, les matières grasses se trouvent fluidifiées.

C'est donc à l'état de division et de fluidification que les matières grasses ingérées pénètrent dans l'intestin grêle. Elles en parcourent la première portion sans être grandement modifiées et ne changent véritablement d'aspect que dans la région où viennent se diviser, amenés par les conduits excréteurs, les produits de sécrétion du foie et du pancréas, c'est-à-dire *la bile et le suc pancréatique*.

Le rôle le plus important dans la digestion des graisses appartient, sans contredit, au suc pancréatique : il exerce sur les matières grasses neutres une double action, une action physique (*émulsion*) et une action chimique (*saponification*). *Aucun liquide de l'organisme ne donne une émulsion aussi complète et aussi persistante*. Le ferment émulsif admis par CL. BERNARD n'a pu être isolé; l'émulsion peut, d'ailleurs, être une conséquence de la saponification, avec mise en liberté d'acides gras qui, en présence des alcalis du suc pancréatique ou de la bile, forment des savons qui agiraient comme émulsionnants. L'émulsion, c'est-à-dire la subdivision en nombreuses petites gouttelettes, est instantanée, permanente et complète. Elle se produit même après saturation par un acide, et elle est due à ce fait que le suc pancréatique est alcalin, visqueux, et aussi qu'il a une action saponifiante, toutes propriétés qui, comme le remarque HÉDON, sont favorables à une bonne émulsion.

Le suc pancréatique dédouble les graisses neutres en acides gras et glycérine (CLAUDE BERNARD); il saponifie aussi les lécithines qu'il décompose en acide phosphoglycérique, choline et acides gras libres: c'est une diastase, la *stéapsine* ou *lipase* qui est le ferment saponifiant. On conçoit que la suppression du pancréas entraîne des troubles graves dans la nutrition, la digestion des graisses se trouvant fort compromise. Après l'ablation du pancréas et la suppression du flux biliaire, une partie des graisses peut encore être absorbée, et cela, grâce à l'action des glandes pancréatiques accessoires, grâce à l'épithélium intestinal, grâce enfin aux microbes habitant l'intestin.

Il est intéressant encore de savoir que les graisses sont des excitants pour la sécrétion pancréatique. WAGNER a, en effet, établi que la sécrétion du ferment des graisses est sous la dépendance directe des corps gras ingérés. PAWLOW a confirmé récemment cette opinion. « Dans les deux premières heures, écrit-il, qui suivent un repas de lait, il est sécrété par le pancréas un suc qui est très riche en ferment lipolytique. Or vient-on à priver le lait par filtration de sa teneur en graisse, le suc produit, tout en étant aussi abondant et sécrété aussi régulièrement, se distingue alors par la grande diminution de son pouvoir lipolytique. Si on mélange de nouveau le filtratum de lait à de la graisse et que l'on reproduise ainsi synthétiquement le lait, le suc pancréatique s'enrichit parallèlement en ferment des graisses jusqu'à concentration caractéristique du suc de lait. » L'action de la graisse sur la composition du produit glandulaire sécrété est donc manifeste et, pour PAWLOW, l'excitation réflexe se ferait au niveau de la muqueuse du duodénum. La graisse exciterait les terminaisons nerveuses, périphériques spécialement destinées à réagir sous toutes les influences chimiques, mécaniques et autres. De plus, comme le fait remarquer CHAHUET, le chyme stomacal lancé dans le duodénum étant acide, excite encore par son acidité même la sécrétion de la glande pancréatique. L'acidité est ensuite neutralisée par l'alcalinité des autres produits déversés dans la cavité intestinale.

La bile vient combiner son action à celle du suc pancréatique. DASTRE a nettement démontré que le suc pancréatique n'est pas apte à opérer seul la digestion des matières grasses, et que la bile, agissant isolément, n'est pas plus capable d'agir : le concours des deux sécrétions paraît indispensable. Il a pu démontrer la synergie d'action des deux glandes annexes de l'intestin en pratiquant sur des chiens une fistule cholécysto-intestinale. Pour l'obtenir il a abouché la vésicule biliaire dans l'intestin grêle à soixante-cinq centimètres au-dessous de l'orifice du canal pancréatique et a constaté que, quand l'animal digérait des graisses, les chylifères n'étaient lactescents qu'au-dessous du point où la bile s'écoulait dans l'intestin.

En perfectionnant ses moyens d'investigation, PAWLOW a pu observer la pénétration de la bile dans l'intestin et son action sur les graisses chez les chiens. Il a montré, par exemple, qu'en donnant à manger à un chien exclusivement des graisses, il se produisait une issue abondante de bile, tandis que d'autres aliments ne provoquaient aucun écoulement.

La bile émulsionne et saponifie les graisses comme tout liquide renfermant de la soude et de la potasse à l'état libre ou à l'état de combinaison facile à détruire; elle ne contient pas de ferment capable de modifier les matières grasses. Elle dissout cependant légèrement graisses et savons, elle favorise leur passage à travers les membranes (WISTINGHAUSEN).

Après avoir subi l'action combinée du suc pancréatique et de la bile, les graisses se trouvent amenées à un état de division extrême, elles sont alors véritablement émulsionnées. Elles forment une sorte de fine poussière, dont les grains, visibles seulement au microscope, peuvent, en raison de leur ténuité extrême, pénétrer dans les voies d'absorption.

Quant au mécanisme intime de cette émulsion, il paraît exclusivement résider dans une condition d'ordre physique, ainsi que l'a indiqué DUCLAUX. Pour produire l'émulsion de liquides non miscibles ni solubles l'un dans l'autre, il faut, dit cet auteur, et il suffit que les tensions superficielles des deux liquides soient égales ou voisines. Or cette condition est assurée, au moins pour le suc pancréatique et les graisses. Elle est moins précise en ce qui concerne la bile : aussi l'émulsion, opérée par ce liquide, est-elle instable et passagère, au contraire de l'émulsion réalisée par le suc pancréatique, qui se produit instantanément et demeure définitive.

Comme tous les liquides alcalins, le suc entérique, produit par les glandes de LIEBERKÜHN, est capable d'émulsionner les corps gras. COLIN en a donné la démonstration directe en enfermant 150 grammes d'huile d'olive dans une anse de l'intestin grêle, isolée sur un cheval, entre deux compresseurs. L'examen du liquide ainsi emprisonné a démontré qu'au bout d'une heure, l'émulsion était presque complète. L'action du suc intestinal s'ajoute donc à celle du suc pancréatique et de la bile. Mais c'est à PAWLOW que l'on doit les notions les plus précieuses sur l'action du suc intestinal sécrété par les glandes de BRÜNNER et de LIEBERKÜHN. N'est-ce pas lui qui nous a appris que le suc intestinal augmente de façon notable le pouvoir actif des ferments déversés dans l'intestin, notamment celui du ferment saponifiant des graisses; n'est-ce pas lui qui a, le premier, élucidé le rôle de ce « ferment des ferments », qu'il a baptisé du nom d'entérokinase? Cette action de renforcement est d'ailleurs influencée par le régime : si l'on nourrit des chiens avec du lait ou de la graisse, le suc pancréatique fourni est très énergiquement renforcé par le suc entérique. L'action de la bile sur le ferment des graisses a été augmenté de la même manière. On doit enfin tenir compte du rôle joué par les leucocytes. D'après DELEZENNE, ils produiraient une *kinase* (kinase leucocytaire) qui serait étroitement unie par ses propriétés avec l'entérokinase. Quant au rôle de la *sécrétine*, produite par la muqueuse intestinale, il n'est pas encore complètement élucidé, tout au moins en ce qui concerne les graisses. Des considérations précédentes, il résulte que le suc intestinal n'a pas, par lui-même, d'action directe sur la digestion des graisses. HÉDON et VILLE ont supprimé, chez un animal, l'accès de la bile et du suc pancréatique dans l'intestin (fistule biliaire et extirpation du pancréas) et ont constaté que les graisses étaient rejetées à peu près intégralement. Elles étaient saponifiées en partie; mais cette modification doit être attribuée à une action microbienne.

On peut conclure avec PAWLOW : « Les facteurs chimiques de la digestion forment une

sorte d'alliance complexe, dans laquelle les composants respectifs sont enchaînés les uns aux autres, se suppléent et se soutiennent mutuellement. »

L'étude *histo-physiologique* du passage des graisses émulsionnées au travers de la muqueuse intestinale, l'analyse chimique de leur dédoublement ont été traitées avec d'assez amples détails (voir **Absorption**) pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir actuellement. Le problème comporte d'ailleurs encore un certain nombre d'obscurités, que n'ont pu éclaircir complètement les recherches poursuivies dans ces dernières années.

Quoi qu'il en soit, au niveau de l'intestin, la graisse passe de la surface dans la profondeur et le passage se fait surtout au niveau des villosités qui hérissent la muqueuse de l'intestin grêle. Chaque villosité se compose d'une trame conjonctive lymphoïde, dans laquelle on trouve un chylifère central, des capillaires sanguins, des fibres musculaires lisses, des ramifications nerveuses. La surface est tapissée par un revêtement de cellules épithéliales de forme cylindro-conique dont le bord libre présente une bordure en brosse, faite de petits prolongements protoplasmiques serrés les uns contre les autres. La rangée de cellules cylindriques est parsemée de cellules caliciformes à mucus. Quel est le rôle de cette membrane épithéliale dans l'absorption des graisses? Demeure-t-elle inerte, laissant aux seules forces physiques (osmose, dialyse, filtration) le soin d'agir sur les graisses? On admet que l'épithélium constitue une membrane active, et qu'en la traversant les graisses peuvent être modifiées et présenter d'autres caractères chimiques à leur sortie qu'à leur entrée (FRIEDENTHAL).

Il se peut qu'une partie de la graisse neutre soit absorbée en nature directement, sous forme de fines gouttelettes, comme l'ont soutenu MUNK, EXNER, HOFBAUER. Ce dernier observateur, grâce à un dispositif ingénieux qu'il a employé, celui des colorants insolubles dans l'eau mais solubles dans les graisses, a pu conclure à l'absorption des graisses en nature. On discute encore pour savoir si la bordure en brosse joue un rôle actif dans la captation des particules graisseuses et si d'autre part les cellules migratrices éparses dans le stroma de la villosité et infiltrant même la paroi épithéliale ne possèdent pas une fonction analogue. D'après une autre opinion, qui est d'ailleurs la plus commune admise par les physiologistes (KREHL, COHNSTEIN, PFLÜGER, MORAT, DOYON, etc.), la graisse neutre ne pénètre l'épaisseur de la muqueuse qu'en se dédoublant, de telle sorte qu'elle est modifiée et reconstituée au cours de son passage à travers la membrane.

Si, après avoir fait ingérer des graisses à un animal, on le sacrifie, on prélève de la muqueuse de l'intestin grêle et qu'on l'observe au microscope, on constate que, sauf les fibres musculaires et les cellules caliciformes, toutes les autres parties constituant les villosités sont chargées de gouttelettes graisseuses. Si l'examen est pratiqué aux différentes périodes de la digestion des graisses, on constate que ces substances sont plus ou moins profondément modifiées. On ne retrouve pas de granulations graisseuses dans le plateau des cellules, pas plus que dans le ciment qui unit le plateau à ses voisins; elles apparaissent par contre au-dessous du plateau et se disposent en rangées plus ou moins sériées dans l'intérieur du protoplasma.

De par l'expérience, on a constaté que la paroi intestinale est susceptible non seulement de modifier, mais encore de régénérer les graisses aux dépens des éléments constitutifs que lui fournissent les produits de la digestion ou qui lui sont donnés artificiellement. Si l'on injecte dans une anse intestinale grêle chez un chien un mélange de savons alcalins et de glycérine en solution aqueuse, on voit rapidement apparaître les globules gras dans l'épithélium des villosités et dans les chylifères dont le contenu devient lactescent. COHNSTEIN, expérimentant avec la lanoline, substance émulsionnable mais non saponifiable, a montré qu'elle n'était pas absorbée. Enfin d'autres observateurs, mettant en contact des fragments de muqueuse intestinale avec un mélange de savons et de glycérine, ont prouvé qu'il se formait de la graisse neutre.

Toutes ces expériences et beaucoup d'autres du même genre, celles de HENRIQUES et HANSEN, de PFLÜGER en particulier, ont démontré que les intermédiaires qui contiennent la graisse, la modifient profondément avant de la laisser pénétrer dans les vaisseaux, qu'ils la dédoublent et qu'après la traversée de la paroi intestinale les éléments constitutifs se reforment par synthèse pour constituer une graisse, tout particulière-

ment apte à être utilisée par l'organisme. L'absorption des graisses au niveau de l'intestin est lente; elle est d'ailleurs influencée par de nombreux facteurs qui ont été judicieusement analysés par KNEPFELMACHER. Elle dépend tout d'abord du séjour de l'aliment dans le tube digestif, et aussi de l'état de digestibilité sous lequel la graisse y parvient. On sait que, donnée seule, la graisse est moins bien absorbée que lorsqu'elle est mêlée aux autres aliments. Si la graisse est déjà émulsionnée, comme dans le lait, elle est plus facilement absorbable, à quantité égale, que la graisse provenant de la viande ou du lard. De nombreuses recherches ont montré que la graisse ingérée en proportion moyenne chez les animaux était très complètement utilisée, mais que, si l'on dépassait une certaine proportion, variable d'ailleurs avec chaque individu, elle était plus mal absorbée. DASTRE a montré encore que la faculté absorbante de l'intestin avait des limites rapidement atteintes. Afin d'apprécier le chiffre d'utilisation des graisses, il est donc nécessaire de connaître la quantité de graisse ingérée pour voir si elle n'excède pas la quantité normalement digestible. V. NORDEN nous a appris, en effet, qu'au fur et à mesure que la quantité des graisses de la nourriture augmentait, la perte p. 100 diminuait jusqu'à un certain point, au delà duquel, ayant dépassé les limites de l'assimilation, elle commençait à augmenter. Pour RUBNER, ce chiffre serait de 300 grammes. Le point de fusion de la graisse ingérée doit également entrer en ligne de compte. Sous ce rapport, ARSCHINEK a divisé les graisses en trois groupes : celles dont le point de fusion est inférieur à la température du corps (huile d'olives, graisse d'oie, graisse de porc) et qui sont résorbées avec un faible déchet de 2 à p. 100; celles dont le point de fusion est supérieur à la température du corps; elles sont résorbées avec une perte de 7 à 11 p. 100; enfin celles dont le point de fusion dépasse de beaucoup la température du corps; elles sont très mal utilisées, telle la stéarine qui n'est utilisée que dans la proportion de 9 p. 100. D'une façon générale, l'utilisation de la graisse est en rapport inverse avec son point de fusion. Le point de fusion de la graisse du lait est de 34° : aussi ce corps gras remplit-il les meilleures conditions désirables pour être presque complètement utilisé. Est-il besoin de rappeler l'action favorisante de la bile et du suc pancréatique, que les expériences de DASTRE, de LOMBROSO ont mise en pleine valeur.

Il est encore certaines actions, comme celle des fibres musculaires lisses de la paroi intestinale et des villosités, qui réclament une certaine part dans l'absorption des graisses. Par leurs contractions, ces éléments lisses de la villosité, en diminuant la hauteur et comprimant le contenu du chylifère central, favorisent la pénétration des corpuscules graisseux.

Enfin, d'après CONCETTI, à côté des ferments digestifs, de ceux qu'on peut trouver dans certains aliments riches en graisse, comme le lait, il faudrait accorder un certain rôle à des ferments assimilateurs (trophozymases), qui interviendraient dans l'assimilation par les tissus des substances ingérées.

Quand elles ont traversé la paroi intestinale, les graisses, réduites à l'état de très fines particules, suivent le chemin des chylifères ou des capillaires sanguins; c'est le réseau des chylifères qui en entraîne la plus grande partie; l'autre pénètre dans le réseau veineux par l'intermédiaire des ramifications originelles de la veine porte.

Entraînées par les chylifères, les graisses émulsionnées arrivent jusqu'aux ganglions (*ganglions mésentériques*) étagés dans l'épaisseur du mésentère. Les récentes recherches de POULAIN, poursuivies chez le chien, ont permis de suivre les modifications qu'elles subissent et qui ne consistent pas en une simple filtration, comme on aurait pu le supposer au premier abord.

Chez des jeunes chiens sacrifiés de 2 à 3 heures après un repas, les ganglions sont peu modifiés; l'examen histologique permet de retrouver la graisse dans quelques sinus situés au-dessous de la capsule. Si l'animal est tué au bout de 4 heures et demie, les ganglions mésentériques sont turgescents; ils renferment du chyle en telle abondance que celui-ci s'écoule, à la coupe, sous forme d'un liquide lactescent. Sur une coupe, on constate la présence d'une grande quantité de graisse : colorée par l'acide osmique, elle apparaît sous la forme de masses noires, très finement granuleuses, occupant les cavités des sinus sous-capsulaires, des sinus caverneux; elle fait complètement défaut dans les follicules. On aperçoit aussi çà et là, dans les sinus et parfois aussi dans les follicules, de

grands macrophages surchargés de granulations graisseuses. De la 8^e à la 12^e heure après le repas, l'aspect du ganglion se modifie progressivement : la graisse à l'état libre diminue peu à peu dans les sinus qui s'affaissent ; les macrophages graisseux persistent un peu plus longtemps, puis ils disparaissent à leur tour, et le ganglion rentre à l'état de repos jusqu'à la digestion suivante.

L'étude des ganglions mésentériques, pendant la digestion, chez le chien, a montré que, contrairement à ce que permettaient de supposer l'augmentation de volume et la turgescence des glandes mésentériques, la graisse n'y était pas très abondante et qu'elle n'était pas répandue dans la totalité de la formation lymphatique. Pour avoir l'explication exacte du phénomène, on a été amené à supposer que le suc laiteux du ganglion n'était pas exclusivement formé par de la graisse émulsionnée, mais qu'il devait être, au moins partiellement, constitué par une graisse transformée, vraisemblablement saponifiée et rendue soluble dans les liquides fixateurs en même temps que moins facilement colorable par l'acide osmique. Cette supposition a pu être justifiée par les faits. Si, en effet, on prend un de ces ganglions turgescents et remplis de chyle, et qu'après l'avoir coupé en plusieurs fragments, on l'abandonne dans une petite quantité d'eau (20 à 30 centimètres cubes par exemple), additionnée de quelques gouttes de formol pour éviter la putréfaction, on constate qu'au bout de 24 heures le liquide est devenu opalescent. « Le ganglion s'est peu à peu débarrassé du chyle qu'il contenait, tout comme un foie cardiaque, gorgé de sang, abandonné pendant 24 heures dans un seau d'eau, revient sur lui-même et abandonne à l'eau la plus grande partie du sang qu'il contenait. » Le liquide opalin obtenu par cette macération du ganglion possède le reflet et la couleur d'une solution aqueuse de savon. Si, d'ailleurs, on ajoute quelques gouttes d'une solution concentrée d'alun, on voit se former immédiatement un précipité floconneux, blanchâtre ; cette réaction est une de celles qui sont particulières aux savons.

La même expérience peut être faite en remplaçant l'eau par de l'alcool, qui possède, lui aussi, la propriété de dissoudre les savons.

De ces faits, il résulte que, pendant son passage au travers des filtres ganglionnaires du mésentère, la graisse n'est pas simplement émulsionnée ; elle s'y dédouble de la même manière que dans l'intestin. Elle se transforme, avec mise en liberté de glycérine, en une substance analogue et même identique à un savon, substance éminemment soluble dans tous les liquides fixateurs.

« Pendant la digestion intestinale, les chylofères apportent successivement aux ganglions de la graisse partiellement reconstituée et émulsionnée. Celle-ci se saponifie dans le ganglion pour se transformer à nouveau et devenir à la fin une graisse directement utilisable par l'organisme. »

Quant à l'agent de ces transformations de la graisse, pendant son passage au travers des ganglions, il n'est autre qu'un ferment. Son existence avait été soupçonnée par CH. ROBIN, par RENAUT, mais il était réservé à POULAIN d'en démontrer l'existence et de prouver qu'il n'était autre que le *ferment lipasique*, découvert par HANRIOT.

Dans une série de travaux et de communications faites à l'Académie des Sciences depuis 1896, HANRIOT a montré qu'il existe dans le sérum sanguin un ferment saponifiant les graisses, une *lipase*, ferment distinct de la lipase pancréatique, bien que possédant une action analogue.

POULAIN a fait subir à la technique de HANRIOT quelques modifications de détails ; ses recherches l'ont conduit aux conclusions suivantes :

- 1° La sécrétion de la lipase est une propriété générale du tissu lymphoïde ;
- 2° A l'état normal, tous les ganglions de l'économie ont sensiblement le même pouvoir lipasique, déterminé au même moment chez le même sujet ;
- 3° L'activité lipasique des ganglions paraît plus marquée pendant la période digestive qu'à l'état de jeûne ;
- 4° Le pouvoir lipasique, chez les animaux, paraît s'accroître, toutes choses égales d'ailleurs, avec l'âge, au moins pendant les premiers mois, et même pendant les premières années (jusqu'à l'âge de 4 ou 5 ans chez l'enfant).

La question de la nature de cette lipase est, comme le fait remarquer POULAIN, le point le plus obscur de son histoire. A l'origine, elle fut considérée, par HANRIOT et les auteurs qui l'ont spécialement étudiée, comme un ferment soluble. Elle en présente, en

effet, un certain nombre de propriétés. Comme les ferments, elle est capable de transformer, avec le temps, une quantité considérable de substance, de graisse dans le cas particulier; comme les ferments, elle est détruite par la chaleur et n'est pas dialysable. Mais elle s'en écarte par plusieurs propriétés qui lui sont spéciales. C'est ainsi que son activité semble s'exagérer en milieu alcalin, tandis que son action s'éteint rapidement en milieu acide. De plus, HANRIOT n'a pu l'isoler ni la précipiter par l'alcool. On peut, actuellement, constater ses effets, mesurer et comparer son action, mais il n'a pas encore été possible de l'isoler, ni de déterminer sa nature.

Si cette dernière n'est pas déterminée, on est, par contre, d'accord sur son mode d'action. Elle saponifie les graisses, c'est-à-dire les dédouble en acides gras et glycérine. Mais si elle dédouble les graisses, elle ne les décompose pas en leurs radicaux chimiques élémentaires, comme le fait le ferment récemment découvert par COHNSTEIN et MICHAËLIS dans le sang, et qui semble provenir des globules rouges. *La lipase a une action saponifiante, mais non lipolytique.*

Enfin cette action est à double effet : après avoir dédoublé les graisses, elle peut les reconstituer par synthèse. Elle est donc, tout à la fois, décomposante et recomposante, propriété qui appartient aussi au ferment des peptones.

A la faveur de ces données nouvelles, cherchons à interpréter le mode d'absorption des graisses dans l'intestin et à suivre les modifications successives qu'elles présentent.

« Les graisses alimentaires sont, les unes à l'état d'acides gras, les autres à l'état de combinaisons de la glycérine (stéarates, oléates, palmitates, etc.). Les acides gras traversent l'intestin directement et, se combinant à une glycérine d'origine indéterminée qui a été constatée dans le sang, ils se retrouvent à l'état de graisse dans les chylifères.

Quant aux stéarates, oléates, etc., de la glycérine, ils se dédoublent dans l'intestin sous l'influence du suc pancréatique et de la bile, peut-être aussi dans l'épaisseur de la paroi intestinale, sous l'influence de ces mêmes ferments associés à la lipase ganglionnaire. Mais cette lipase, d'origine lymphoïde, douée d'une double action, reconstitue aussitôt les éléments de la graisse, de sorte que les chylifères du mésentère contiennent de la graisse émulsionnée, mais à l'état de combinaisons. Cette graisse, transportée dans les ganglions mésentériques, y subit une série de transformations, consistant en des séries de dédoublements suivis de synthèses, sous l'influence de la lipase ganglionnaire. Ce sont ces transformations successives qui, s'étageant de l'intestin jusqu'aux chylifères du mésentère, tributaires de la citerne de PECQUET, rendent peu à peu la graisse d'alimentation apte à être utilisée par l'organisme qui s'en sert, soit immédiatement comme combustible, sous forme d'hydrate de carbone, soit en l'emmagasinant sous forme de graisse de réserve dans le tissu cellulaire.

Les mêmes transformations se font, sans doute, dans la substance grasse qui provient des albuminoïdes et des hydrates de carbone des aliments. Le but final de toutes ces modifications est visiblement l'identification non seulement *chimique*, mais encore *biologique* de la graisse de provenance variée, qui se trouve dans les aliments, en une graisse spéciale à chaque espèce animale (POULAIN).

C'est de deux à quatre heures après l'ingestion des aliments que la lymphe mésentérique cesse d'être limpide pour devenir lactescente ou tout à fait laiteuse. Elle est, du reste, plus opaque après un repas riche en viande, en graisse, surtout en graisses oléagineuses. Les matières grasses se trouvent en suspension dans le chyle à l'état de fines gouttelettes, ayant environ 1 millimètre au plus de diamètre et qui se présentent, à l'examen microscopique, sous la forme de très petits points à centre brillant, lorsqu'on les observe à de forts grossissements et à contours foncés. Ces granulations sont extrêmement nombreuses et douées d'un mouvement brownien extrêmement vif (CH. ROBIN).

L'apparence laiteuse et l'opalescence des vaisseaux chylifères permettent de suivre, chez un animal sacrifié en pleine digestion, le chemin que suivent les graisses pour aller de l'intestin jusque dans l'appareil circulatoire. Au sortir des ganglions mésentériques, les vaisseaux chylifères, considérablement réduits de nombre, ne forment plus que quelques troncs qui convergent vers la citerne de PECQUET. Le chyle passe dans le canal thoracique et se trouve déversé dans le système veineux, dans le point même où ce canal vient s'ouvrir dans la veine sous-clavière gauche. Le mélange du chyle au

sang donne au sérum de ce dernier un aspect lactescent tout particulier, qui persiste pendant quelques heures après la digestion.

On a cherché à évaluer la vitesse moyenne du courant du chyle dans le canal thoracique; les recherches ont donné des résultats différents: BEILLARD admet 2 centimètres et demi par seconde, WEISS 4 millimètres, BÉRAUD 12 centimètres dans le même temps. LUDWIG, cherchant l'explication de ces différences, a constaté que la vitesse du courant change d'une expérience à l'autre, les conditions restant en apparence les mêmes.

Quant à la quantité de chyle qui passe par le canal thoracique, elle a été déterminée par COLIN; en établissant une fistule sur le canal thoracique du cheval, il a retiré 11 kilogrammes et demi de lymphé en douze heures et 95 kilogrammes sur une vache, en vingt-quatre heures.

La pénétration des corps gras dans la circulation est d'ailleurs grandement influencée par leur état physique; elle dépend surtout de leur degré de fusibilité. Les graisses liquides à la température du corps (huile d'olives, graisse d'oie ou de porc) n'abandonnent aux fèces que 2 ou 3 p. 100 de leur quantité totale. Le suif en laisse 7 à 11 p. 100. Quant à la stéarine, dont le point de fusion est à 63°, elle échappe à la résorption intestinale dans la proposition de 86 à 91 p. 100 (ARNOCHNICK).

Une partie de la graisse absorbée au niveau de l'intestin pénètre dans les origines de la veine-porte et est ainsi amenée jusqu'au foie. GILBERT et CARNOT ont montré que, seule, la graisse décomposée dans l'intestin en savons et glycérine et recombinaison au delà de la paroi, prend la voie-porte et arrive par ce chemin au contact de la cellule hépatique.

La graisse est arrêtée par le foie. DROSCHOFF a comparé la proportion de graisse dans les sangs porte et sus-hépatique: il a donné 3,04 pour 1000 dans le premier et 0,84 dans le second. Même en admettant, comme le font remarquer GILBERT et CARNOT, qu'il s'agisse ici d'un cas exceptionnel, le rôle du foie n'en paraît pas moins considérable.

On a pu aussi s'assurer directement de l'arrêt des graisses dans le foie pendant la période digestive. Sur des coupes de l'organe hépatique, enlevé chez un animal au cours de la digestion, on peut constater, à l'aide de l'acide osmique, une grande accumulation de gouttelettes graisseuses à la périphérie du lobule. Sur des chiens nourris avec de l'huile de foie de morue, FRERICHES a vu les cellules hépatiques se transformer en véritables vésicules adipeuses.

Pour élucider ce problème, GILBERT et CARNOT ont institué une série d'expériences reprises depuis par JOMIER, et qu'ils ont résumées de la façon suivante: « Nous injectons par la veine-porte, chez des lapins, des cobayes et des chiens, une certaine quantité d'huile finement émulsionnée par addition d'une légère proportion de bile ou de carbonate de soude. Nos animaux étaient sacrifiés en série, de quelques minutes à quelques jours après l'injection. Lorsque l'injection a été copieuse, le foie apparaît congestionné, luisant à la coupe, et laisse sourdre, à la surface de section, un liquide huileux, tachant le papier et surnageant sur l'eau. L'huile a donc été retenue en masse par le foie ».

Si l'on injecte par une veine mésentérique une certaine quantité de lait, le foie, après quelques heures, et même au bout de trois ou quatre jours, laisse écouler, à la coupe, un liquide blanc, opalescent, qui contient les graisses émulsionnées du lait: on voit ainsi sourdre le lait accumulé dans le foie. Il en est de même lorsqu'on injecte du beurre liquéfié.

Lorsque les quantités de graisse ou d'huile injectées sont faibles, on peut suivre, au microscope, les transformations des corpuscules graisseux. On voit alors, après fixation de petits fragments de tissu hépatique par l'acide osmique, les gouttelettes graisseuses, retenues dans les capillaires, s'attarder en longeant les parois vasculaires et parfois tapisser celles-ci d'une lame mince ininterrompue. On retrouve également de fins corpuscules graisseux à l'intérieur des cellules endothéliales; celles-ci en sont parfois absolument bourrées. Enfin, au bout de quelques heures, des gouttelettes de graisse, toujours très fines, apparaissent dans les cellules hépatiques. Elles augmentent progressivement de nombre et se fusionnent ensuite en constituant des masses de plus en plus considérables.

Cette localisation cellulaire des graisses dure un temps variable, suivant la quantité injectée. Puis on voit, au bout de quelques jours, le volume et le nombre des grains noirs diminuer et, finalement, on n'en retrouve plus, après dix jours environ, que quelques rares, qui disparaissent à leur tour. A ce moment on ne peut, avec l'iode, mettre en lumière une augmentation du glycogène, produit aux dépens des graisses disparues.

Non seulement la graisse émulsionnée est arrêtée par le foie et absorbée par les cellules endothéliales, puis par les cellules hépatiques, mais aussi les éléments de décomposition des graisses y sont également fixés. Si on fait, avec des savons, des injections analogues et si on recherche la graisse par l'acide osmique dans les cellules hépatiques, on obtient des résultats analogues.

L'action du foie sur les savons résulte des expériences de MUNK : l'injection intra-veineuse de savons tue le lapin, à la dose de 0^{sr}07 par kilogramme, à celle de 0^{sr}14, si on fait la respiration artificielle. Par la veine-porte, au contraire, la dose mortelle est de 2 1/2 à 5 fois plus considérable, et ce résultat expérimental démontre bien le rôle d'arrêt du foie à leur égard.

Si, à l'état normal, le foie est susceptible de retenir les graisses, qui lui sont apportées par la veine-porte, il les transforme, et, au bout d'un temps variable, leur disparition est complète. Mais si l'organisme a besoin d'une provision de graisse mobile et circulante, on voit celle-ci se faire dans le foie. Les gouttelettes de graisse se localisent autour de la veine sus-hépatique. C'est ainsi que RANVIER et DE SINÉTY ont constaté l'infiltration graisseuse des cellules centrales du lobule, vers la fin de la gestation et pendant tout le cours de la lactation.

Nous avons vu plus haut que le processus d'absorption des graisses étrangères et leur utilisation par l'organisme tendait, au moins en partie, à l'identification finale, chimique et biologique des matériaux hydrocarbonés ingérés aux constituants hydrocarbonés normaux de l'animal observé. Cette identification n'est possible que si l'on admet l'intervention de réactions diastasiques. Or, nous savons que les réactions de cet ordre sont limitées par les produits mêmes qu'elles engendrent; *elles s'accompagnent d'un très faible dégagement de chaleur*, circonstance qui rend possible leur réversibilité. *Cette réversibilité domine d'ailleurs la chimie cellulaire*, mais elle ne suffit pas à élucider l'interprétation des phénomènes observés, elle exige le concours d'un autre facteur, par exemple la formation de corps intermédiaires. Il paraît certain en effet, d'après ARMAND GAUTIER, qu'au cours de ces transformations, une partie tout au moins des principes gras passerait transitoirement « par une forme complexe, car on a signalé dans le chyme des graisses azotées, entre autre une *amido-distéarine* C³ H⁵ (Az H²), (C¹⁸ H³⁵ O²)², qui témoignent que les nouveaux corps gras ont fait partie, avant de se transformer en graisses normales, de molécules azotées plus compliquées » (A. GAUTIER, *Chimie de la cellule vivante*, 71). Tout nous porte à croire que la formation de ces corps mixtes et transitoires, hydrocarbonés et amidés, intervient également dans l'évolution biologique du glycogène. La question de l'utilisation directe des graisses alimentaires hétérogènes, qui semble se produire surtout dans des conditions extra-physiologiques, tels que l' inanition préalable, la suralimentation ou le surmenage des organes digestifs, soulève de nombreux problèmes du plus haut intérêt. Nous signalerons particulièrement la possibilité du passage dans le lait des graisses qui interviennent dans l'alimentation. Cette éventualité, admise par quelques auteurs (GIRARD et MAGNIER DE LA SOURCE), présentée au point de vue des falsifications du lait une importance capitale. Il serait à désirer que de nouvelles expériences vinssent montrer s'il faut admettre le passage dans le lait de la graisse des tourteaux, si employés dans l'alimentation du bétail.

A l'appui des hypothèses émises sur l'état de dissociation transitoire que présentent les graisses, et sur la possibilité des synthèses ultérieures, aiguillées en quelque sorte vers la reconstitution d'une molécule analogue ou identique à celle que l'on rencontre dans les tissus, nous pourrions citer les expériences qui ont été entreprises, soit avec des acides gras libres, soit avec des savons. L'ingestion stomacale de ces derniers étant suivie de la mise en liberté des acides correspondants, le problème est sensiblement le même, quel que soit le produit ingéré, savon ou acide libre. Nous rappellerons les travaux de PERCWOZNIKOFF (1876) et ceux de A. WILL (1876), qui semblent démontrer que l'ingestion de savons et de glycérine dans le tube digestif provoque la synthèse d'une

graisse neutre et l'apparition de cette dernière dans les chylifères. WOROCHLIKOW (1871) et J. MUNK (1899), sont d'ailleurs arrivés à un résultat analogue en administrant du savon sans glycérine. LEBEDEFF paraît avoir obtenu également une synthèse des graisses dans ces conditions.

Citons également une très curieuse expérience de MUNK au cours de laquelle il aurait constaté que le palmitate de cétyle (blanc de baleine), introduit dans l'estomac, provoquerait la formation d'un corps gras proprement dit, le palmitate de glycéryle ou tripalmitine.

Nous avons vu qu'une partie des graisses utilisées ou accumulées proviennent des matières grasses ingérées; il nous faut rechercher maintenant si la graisse ne provient pas de la transformation des matières albuminoïdes.

Une première démonstration de cette transformation est fournie par la constitution, dans un organisme mort, de l'adipocire ou gras de cadavre. Dans certaines conditions d'inhumation, on trouve, au bout d'un temps variable, les corps transformés en une masse cireuse, constituée presque exclusivement par de la graisse. Dans cette transformation, il faut, il est vrai, tenir grand compte de l'action de certaines bactéries.

Elle paraît due à une fermentation anaérobie. Elle a été étudiée pour la première fois par FOURCROY, qui remarqua la formation de gras de cadavres dans un charnier du cimetière des Innocents. Certains terrains, certaines eaux même ont la propriété de convertir rapidement en adipocire les pièces anatomiques qu'on y enfouit ou qu'on y plonge. Tel est le cas d'une fontaine d'Oxford.

Le processus chimique de la transformation de l'albumine en graisse n'est pas encore entièrement élucidé. Le radical graisse ne semble pas persister dans la molécule d'albumine; sa formation ne peut donc être la conséquence d'une simple décomposition de l'albumine. Elle est vraisemblablement le produit de l'activité vitale du protoplasma, car elle ne se forme pas dans le protoplasma mort. Composée de trois éléments, C, H, O, la graisse ne renferme ni Az, ni S dans sa molécule constituante. Il s'ensuit que dans la transformation d'une molécule d'albumine en une molécule de graisse, les deux derniers éléments, Az et S, ainsi qu'une partie de O, qui se trouve en moindre quantité dans la graisse, n'entrent pas dans la constitution de la nouvelle substance. Az et S, sont éliminés dans l'urine, sous forme de matières solubles telles que l'urée, les extractifs, les urates et les sulfates. Quant à la graisse, insoluble dans les sucs de l'organisme, elle reste sur le lieu de sa formation et se présente physiquement sous l'apparence de granulations et de gouttelettes.

Pour CHAUVEAU, KAUFFMANN, ARMAND GAUTIER, l'albumine se dédouble en urée d'une part, en graisse et hydrate de carbone d'autre part. Le dédoublement se produit soit par hydratation (ARMAND GAUTIER), soit par oxydation (CHAUVEAU).

Quelques auteurs persistent à prétendre que la graisse ne peut se former dans l'organisme aux dépens de l'albumine, et que sa source exclusive se trouve dans l'absorption des graisses et des hydrates de carbone alimentaires. Il en est même qui ont proposé de proscrire jusqu'au terme de dégénérescence graisseuse. ROSENFELD, par exemple, a émis cette opinion que, dans l'empoisonnement par le phosphore, la graisse, qui apparaît dans le foie et dans les autres viscères, provient non d'une transformation de l'albumine, mais du transport de matières grasses puisées dans d'autres parties de l'organisme. Chez les animaux maintenus dans un jeûne prolongé, le phosphore ne provoquerait pas, d'après lui, la dégénérescence graisseuse viscérale. Mais on peut lui objecter, avec CHANTEMESSE et PODWISSOTSKY, que, sous l'influence du jeûne, l'albumine perd la propriété de se dédoubler et de donner de la graisse.

La formation de graisse aux dépens de l'albumine est un processus vital qu'on observe dans nombre de circonstances physiologiques. Elle peut être suivie au cours de la régression de certaines parties de l'organisme, au moment où, devenues inutiles, ces parties doivent disparaître, ou encore lorsqu'il s'agit d'éléments hypertrophiés qui doivent s'amoinrir.

« Les exemples de cette dégénérescence physiologique sont nombreux : fibres musculaires de l'utérus pendant l'involution post-puerpérale, dégénérescence graisseuse des cellules de la membrane granuleuse dans la vésicule de DE GRAAF au moment de sa maturité, dégénérescence des cellules du corps jaune pendant le développement du fœtus

dans l'utérus, enfin dégénérescence de la membrane déciduale et de certaines parties du placenta, vers la fin de la gestation, à l'approche de l'accouchement. Dans ce dernier cas, la dégénérescence grasseuse des cellules et des fibres, qui réunissent le placenta à l'utérus, prépare graduellement l'affaiblissement des liens réciproques de ces parties et facilite le décollement du placenta au moment de la délivrance. » (CHANTEMESSE et PODWISSOTSKY.)

Il en est de même dans nombre d'affections pathologiques et aussi dans certaines intoxications. Le fait le plus remarquable réside dans la dégénérescence grasseuse qu'éprouvent la plupart des organes du corps vivant dans l'empoisonnement par le phosphore.

D'après une expérience faite par J. BAUR, il ne serait pas douteux que la graisse formée sous l'influence d'un empoisonnement lent par le phosphore dérive exclusivement de l'albumine; il y a perte d'azote sous forme d'urée éliminée par les urines. Voici ce que rapporte l'éminent physiologiste de Munich. Un fort chien de basse-cour, laissé à jeun pendant douze jours afin de détruire complètement sa graisse, fut lentement empoisonné par le phosphore : la mort survint dans la nuit du dix-neuvième au vingtième jour de jeûne. Avant l'empoisonnement, dans la période du cinquième au douzième jour, la quantité d'azote éliminée par les urines resta assez constante, et s'éleva, en moyenne, à 7, 8 grammes par jour. A la suite de l'intoxication, la quantité d'azote contenue dans les urines augmenta considérablement, au point d'atteindre, dans le même temps, 23,9 grammes, soit une quantité triple de celle qui est journellement évacuée lors du jeûne normal. Chez un autre chien, soumis, en même temps que le précédent, à des expériences sur la respiration et traité absolument de la même façon que le premier, l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique formé n'atteignirent que la moitié des proportions constatées pour l'autre. On observe donc, dans les transmutations organiques, lors de l'empoisonnement lent par le phosphore, deux modifications qui paraissent indépendantes : d'abord une augmentation de la proportion d'albumine convertie en urée et en graisse; ensuite une réduction dans la quantité d'oxygène absorbé, et, comme conséquence, une oxydation moins intense de la graisse. Mais ces modifications doivent tendre vers un même but et contribuer, malgré la condition du jeûne, à une accumulation de la graisse dans le corps, ainsi que l'examen du chien empoisonné l'a d'ailleurs démontré. En effet, la substance musculaire sèche de celui-ci contenait 42,4 p. 100, et celle du foie 30 p. 100 de graisse, c'est-à-dire trois fois plus qu'il n'en existe lors d'une nutrition normale, et au moins dix fois autant que le corps du sujet en aurait montré après vingt jours de jeûne, s'il n'avait pas été empoisonné. L'analyse du foie d'un homme décédé à la suite d'un empoisonnement par le phosphore a révélé que la matière sèche de cet organe renfermait 76,8 p. 100 de graisse. On doit cependant faire observer qu'il a pu se produire dans le foie une rapide accumulation de graisse originaire d'autres parties du corps.

Après l'énoncé de ces faits, si l'on conservait encore quelque doute au sujet de la formation de la graisse aux dépens de la substance albuminoïde, il devrait se dissiper en présence des résultats que fournit l'expérience directe; alimentation d'animaux sains et normalement nourris. Ainsi F. HOFMANN a observé que les œufs de la mouche commune, déposés sur du sang pur, se développent, et que les larves qui apparaissent à l'éclosion contiennent sept à onze fois plus de graisse que n'en renfermaient les œufs et la nourriture offerte. Il restait cependant encore une notable portion de sang; l'excédent en graisse ne pouvait provenir que de l'albumine consommée.

De nombreuses expériences de C. VOIT et PETTENKOFER, sur des chiens nourris au moyen de quantités abondantes de viande privée de graisse, ont conduit aux mêmes résultats; ainsi les animaux absorbaient par jour 42,1, 42,7 grammes de carbone en excès, qui n'était pas retrouvé dans les évacuations. L'azote dépensé correspondait exactement à celui des aliments; il y avait équilibre parfait pour cet élément, tandis qu'une proportion considérable de carbone existant dans les aliments restait dans le corps et s'y déposait sous forme de graisse, car on ne connaît aucune autre substance organique non azotée qui puisse s'accumuler dans l'économie animale en quantité quelque peu importante (Em. WOLFF).

Il ne semble donc pas douteux que l'albumine puisse fournir de la graisse, et qu'une

partie des albuminoïdes, introduits par l'alimentation, servé à constituer et à entretenir les réserves que l'animal accumule dans son organisme, ou encore à l'aider à subvenir à ses besoins du moment.

Nous pouvons d'ailleurs citer encore quelques faits à l'appui de cette hypothèse. SUBOTTIN et KEMMERICH, soumettant une chienne à l'alimentation purement albuminoïde, ont vu que cet animal continuait à produire un lait très riche en beurre. TSCHERINOFF a engraisé des poulets en les gavant avec de la viande dégraissée. BLONDEAU, puis KEMMERICH, ont montré que, pendant la maturation de certains fromages, la caséine se transforme en graisse. BURDACH a observé la diminution de la matière albuminoïde et l'augmentation des graisses dans les œufs de *Limneus stagnalis* en cours de développement.

ARMAND GAUTIER explique par une simple hydratation la formation des principaux produits de la désassimilation des albuminoïdes.

$C^{72}H^{112}Az^{18}O^{25}S$ albumine + $44H^2O$ donnent :

$9(COAz^2H^4)$ (urée).

+ $C^{31}H^{98}O^6$ (tripalmitine, graisse neutre).

+ $C^3H^6O^3$ (acide lactique ou hydrate de carbone).

+ $9CO^2 + SO^3$

La formation des graisses aux dépens des albuminoïdes paraît donc au-dessus de toute discussion. Il est d'ailleurs vraisemblable que cette transformation se fait par l'intermédiaire du glycogène ou d'un dérivé protéoglycogénique, ce qui ramène le problème à celui que nous nous proposons d'aborder maintenant, c'est-à-dire à la formation des graisses aux dépens des hydrates de carbone.

La part que prennent les hydrates de carbone dans la formation des réserves grasses est depuis longtemps connue (LIEBIG). L'observation a, en effet, appris que les animaux herbivores, nourris presque exclusivement avec des hydrates de carbone, engraisent, et que leur engraissement est d'autant plus rapide que leur ration hydro-carbonée est plus abondante. De plus leurs femelles sont susceptibles, surtout s'il s'agit d'animaux domestiques, de fournir, par leur lait, des quantités de corps gras (beurre) parfois considérables.

D'après KÜHNE, dont l'opinion est acceptée par SEEGEN, les féculents ne se transformeraient pas directement en graisse : la production de matière glycogène serait un intermédiaire obligé entre les deux, et la transformation serait en partie localisée dans le foie. On pourrait sans doute expliquer ainsi la fréquence des rapports que la clinique constate entre l'adiposité et certaines formes du diabète (diabète gras, diabète arthritique).

Voir n'admet pas non plus la transformation directe des hydrates de carbone en graisse : pour lui, les féculents ne servent que d'aliments d'épargne : pendant qu'ils brûlent, les albuminoïdes peuvent se transformer en graisse. Cette opinion a été démentie par des observations récentes qui ont apporté la démonstration évidente de la transformation directe des féculents en graisse.

L'examen des résultats obtenus dans diverses expériences d'engraissement est-il susceptible d'éclairer le problème de l'origine de la graisse animale ? C'est ce que s'est demandé E. WOLFF, dans son *Etude sur l'alimentation des animaux domestiques*.

« Des recherches, poursuivies depuis longtemps en Angleterre, ont démontré que, dans l'engraissement, 100 parties d'augmentation du poids vivant contiennent :

	Matières minérales.	Albumine.	Graisse.	Total de la substance sèche.	Eau.
Porc...	0,53	7,76	63,1	71,4	28,6
Mouton...	2,34	7,13	70,4	79,9	20,1
Bœuf...	1,47	7,69	66,2	75,4	24,6
Moyenne...	1,45	7,53	66,6	75,6	24,4

Dans ces derniers temps, diverses stations agronomiques ont beaucoup expérimenté sur l'engraissement, et, presque toujours, c'est l'espèce ovine, et spécialement les moutons

adultes qui ont fait l'objet des recherches. Les fourrages consommés ont été soumis à l'analyse chimique d'après des méthodes d'opération uniformes, et les augmentations de poids soigneusement constatées : partout aussi la durée de l'opération a été suffisamment prolongée, puisqu'elle a embrassé une période de 2 1/2 à 3 mois ; presque toujours l'expérience se terminait par un abatage, dont on notait les résultats. Ces recherches ont accusé les chiffres moyens suivants, au sujet desquels il faut cependant observer que la proportion des éléments des fourrages digérés a été obtenue, sauf quelques exceptions, non par détermination spéciale et directe, mais en prenant pour base de calcul les données ordinaires :

NOMBRE d'expériences	ÉLÉMENTS DU FOURRAGE QUI ONT été digérés par jour et par tête.		RAPPORT entre les SUBSTANCES azotées et les substances non azotées.	AUGMENTATION DE POIDS par jour et par tête.	POIDS NET à l'abatage.	POIDS du SUIF DES REINS et du mésentère.
	Albumine.	Hydrates de carbone.				
	grammes.	grammes.		grammes.	(P. 100 du poids vif).	(P. 100 du poids vif).
7	410	824	1 : 7,49	55,5	48,0	7,2
13	434	779	1 : 5,81	79,0	51,9	9,9
20	464	779	1 : 4,70	53,5	53,5	10,9
49	492	769	1 : 4,01	54,9	54,9	11,2

Ces nombres font ressortir d'une manière péremptoire l'influence favorable de l'albumine du fourrage sur la production de la graisse. L'augmentation de la proportion d'albumine est régulièrement accompagnée d'une progression correspondante du poids vivant, tandis que la quantité de substances nutritives non azotées, qui est restée sensiblement invariable dans les divers groupes d'expériences, n'a pu exercer une action marquée sur l'accroissement en poids. Au surplus, ce dernier s'explique parfaitement en considérant seulement la richesse du fourrage en albumine ; bien plus, celle-ci a dû laisser un excédent ; car les aliments contenaient aussi une proportion de graisse toute formée, variant, suivant les expériences, de 15 à 60 grammes par tête et par jour.

Des faits analogues s'observent dans l'engraissement du bœuf. Des expériences générales, ainsi que des recherches directes, indiquent que, dans certaines limites, un fourrage passablement riche en azote produit aussi les meilleurs effets, et que l'albumine et les corps gras qui lui sont enlevés par la digestion fournissent la matière première suffisante au dépôt de la graisse dans l'organisme.

Chez le porc, la formation de graisse par les hydrates de carbone a été mise hors de doute par les recherches entreprises par SOXHLET à Munich, TSCHIRWINSKY à Moscou et WEISSEL et STROHMER à Vienne.

Les recherches faites sur des oies ont également montré que la graisse dérive des hydrates de carbone. WEISKE et H. SCHULZE, à Proskau, ont nourri des oies au moyen de son, de seigle et de fécule de pommes de terre ; la ration offrant le rapport nutritif de 1 à 3, l'intervention des hydrates de carbone dans la production de la graisse a été incontestable. En admettant même que toute la graisse des aliments, ainsi que l'albumine et l'asparagine, aient contribué dans la plus large mesure à la production de la graisse trouvée dans le corps lors de l'analyse, il restait 73 et 84,8 grammes respectivement, soit 13 et 17,6 p. 100 de la quantité de graisse produite (en 36 jours) dont la matière première doit être cherchée dans les éléments hydrocarbonés, sucre, féculents, etc. Citons aussi les expériences très concluantes de CHANIEWSKI à Péterhof, près Riga. Des oies adultes furent engraisées pendant 18 jours au moyen d'orge et de riz, et on arriva à admettre qu'une proportion de 71,7 à 78,6 p. 100 de la graisse nouvelle dérivait des hydrates de carbone. Dans une autre expérience sur des oies, soumises au préalable à un jeûne de cinq jours, afin de les dépouiller de graisse, et que l'on gorgea ensuite d'orge et de riz, on put conclure que la graisse nouvelle formée en 14 jours

dérivait, dans la proportion de 86,7 p. 100, des hydrates de carbone renfermés dans la nourriture.

Signalons également que A. DE PLANTA et ERLÉNMEYER, à Munich, ont observé, contrairement aux conclusions d'autres expérimentateurs, que les abeilles forment la cire, substance analogue à la graisse, aux dépens du sucre. Enfin O. KELLNER conclut de ses recherches sur l'alimentation du ver à soie que cette chenille a la propriété de produire de la graisse au moyen de substances non azotées, même lorsque le rapport nutritif est très étroit ($= 1 : 1,45$), quand l'animal se nourrit des feuilles du mûrier.

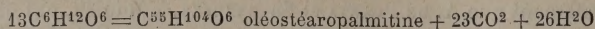
RUBNER a montré qu'il peut aussi se former de la graisse à l'aide des hydrates de carbone dans l'organisme des carnivores, notamment quand il y a une notable ingestion de substances hydrocarbonées, et que les organes en sont, pour ainsi dire, inondés.

Il n'est donc plus permis de considérer la substance albuminoïde comme étant la matière fondamentale exclusive d'où dérive la graisse, bien que son rôle soit important, et qu'elle mérite de conserver le premier rang; souvent même l'albumine suffit pour rendre compte de l'origine de la graisse déposée dans le corps ou livrée par le lait. Mais d'autres fois, spécialement chez le porc, l'intervention simultanée et directe des hydrates de carbone n'est pas douteuse. Du reste, il n'est guère admissible que, à cet égard, il existe une différence caractéristique entre le carnivore et l'herbivore. Chez toutes les espèces animales, et notamment chez les mammifères, les composés nutritifs organiques qui parviennent dans la circulation des liquides sont identiques : ils consistent essentiellement en albumine, en graisse, en sucre, et, comme les organes correspondants ont partout les mêmes missions physiologiques à remplir, les phénomènes de décomposition doivent concorder dans leurs caractères généraux. Mais les résultats de la décomposition sont, au point de vue quantitatif, très divers, et particulièrement déterminés par la masse et par les proportions relatives dans lesquelles les éléments nutritifs sont résorbés. On sait d'ailleurs que les espèces animales possèdent à des degrés bien inégaux la prédisposition à former et la propriété d'accumuler de la graisse dans leurs tissus. Dès lors, il est possible que l'organisme du chien et des carnivores en général ait la propriété de former de la graisse avec de la substance albuminoïde seule, dans des conditions d'alimentation où les ruminants, et aussi le porc, ont besoin, dans une plus large mesure, de l'intervention des hydrates de carbone pour produire la substance grasse (E. WOLFF).

On peut résumer toutes les expériences faites en vue d'élucider la transformation des hydrates de carbone en graisses par cette constatation que toute addition d'hydrate de carbone au régime d'un carnivore augmente considérablement chez lui la production des graisses. On peut objecter à l'interprétation un peu hâtive de ce fait expérimental que la combustion facile des hydrates de carbone permet à l'animal de ménager ses réserves graisseuses, ainsi que la graisse introduite par l'alimentation. Là encore les expériences faites sur les organismes inférieurs nous paraissent plus probantes. La production de la graisse par les levures nourries dans un milieu nutritif pauvre en albumine et particulièrement riche en hydrate de carbone avec formation intermédiaire du glycogène, nous paraît poser la question sur son véritable terrain. Les expériences personnelles de l'un de nous sur la production de la graisse par les parasites des céréales, et en particulier par le ver des farines, expériences dans lesquelles le carbone albuminoïde initial ne pouvait suffire à la formation de la graisse dosée à la fin de l'expérience, donnent encore une solution expérimentale non douteuse du problème physiologique. Ces expériences présentent la plus grande analogie avec celles qui ont été réalisées sur des abeilles, et dans lesquelles on a constaté la transformation du sucre en une substance adipoïde, la cire.

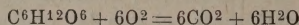
Les expériences de HANRIOT sur le glucose alimentaire ont mis en évidence ce fait important que le glucose introduit dans l'organisme ne se brûlait pas toujours complètement. Si l'on fait ingérer à un sujet, au repos et à jeun depuis quelques heures, des quantités considérables de glucose, on peut constater que, pendant les heures qui suivent, les volumes d'acide carbonique exhalé et d'oxygène absorbé par les poumons augmentent, mais l'augmentation de l'acide carbonique est supérieure à celle de l'oxygène; il faut donc bien admettre que cet excès provient du glucose ingéré : cette quantité

est proportionnelle à la quantité de glucose absorbée et dédoublée suivant l'équation :

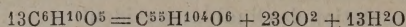


CH. RICHET et HANRIOT. *C. R.*, CXIV, 371).

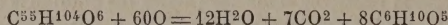
D'ailleurs, *chaque fois qu'il n'existe pas un rapport convenable entre la capacité pulmonaire et la quantité d'aliments ingérés, la proportion de graisse augmente*, par suite d'une combustion incomplète des hydrates de carbone, la combustion complète se faisant suivant l'équation :



qu'il convient de comparer à celle qui a été donnée plus haut, et dans laquelle l'oxygène n'intervient pas. La dernière formule indique la fixation d'un volume d'oxygène égal au volume d'acide carbonique formé. Ainsi donc, qu'une cellule soit imparfaitement irriguée par le sang et « la graisse apparaît et s'y accumule en place du glycogène » (A. GAUTIER, *Chimie de la cellule vivante*, p. 84). CLAUDE BERNARD admettait la transformation du sucre en graisse dans le foie, sans doute par l'intermédiaire du glycogène; A. GAUTIER donne même l'équation de cette transformation dans son traité des Toxines (p. 204) :



La formation de la graisse aux dépens du glycogène se ferait, suivant BOUCHARD, d'après un processus aérobie, et suivant l'équation :



(BOUCHARD, *C. R.*, 3 octobre 1898. BOUCHARD et DESGREZ, *C. R.*, 26 mars 1899). Cette dernière théorie a, d'ailleurs, été contestée par M. BERTHELOT, dans une note publiée le 10 octobre 1898. Nous ajoutons que, de son côté, M. HANRIOT n'a jamais réalisé la production d'hydrates de carbone dans ses expériences sur l'oxydation des graisses. La transformation des graisses en hydrate de carbone, vraisemblable au point de vue physiologique, doit donc se faire par un autre mécanisme que le processus d'oxydation, peut-être même par la simple réversibilité de la réaction de A. GAUTIER (Voy. aussi art. *Glycogène*).

Se plaçant simplement au point de vue expérimental, ARTHUS pense « qu'il est possible qu'une très petite quantité de glycogène se produise à la suite de l'ingestion d'une très grande quantité de graisse; mais rien ne prouve que la graisse soit la matière première de la formation glycogénique. Il est très possible, d'autant plus que la quantité déposée est minime, que les graisses aient préservé de la destruction du glycogène d'origine protéique. Il est même possible que les graisses neutres n'aient joué aucun rôle dans la production de ce dépôt, et que ce soit la glycérine, libérée en petites proportions dans l'intestin, après ingestion des graisses, qui en ait été cause, sans qu'il soit d'ailleurs possible de dire actuellement si la glycérine intervient comme matière première ou comme élément d'épargne. » (ARTHUS, *Éléments de physiologie*.)

Les sources où l'organisme animal peut puiser des matières grasses étant connues, il convient d'établir le processus par lequel la cellule animale, et particulièrement la cellule conjonctive, les rassemble, les modifie et les fixe dans son protoplasma.

On admet volontiers aujourd'hui que le processus de fixation de la graisse par la cellule animale est un processus d'ordre phagocytaire. Il se rapproche des processus dont on doit la connaissance aux belles recherches de METCHNIKOFF. La consistance molle, semi-liquide de la molécule de graisse facilite son absorption par le protoplasma vivant.

De nombreuses expériences démontrent la réalité de ce phénomène. MUNK donne à un chien, dégraissé par un jeûne suffisamment prolongé, de l'huile de colza, et retrouve dans les tissus de l'animal une graisse qui a les caractères de l'huile végétale

ingérée. LEBEDEF est arrivé aux mêmes constatations en nourrissant des animaux avec de l'huile de lin.

Mais le rôle de la cellule animale ne se réduit pas à un simple phénomène d'intussusception : ce rôle est beaucoup plus complexe. La cellule est, en effet, susceptible de procéder par synthèse. Dans l'expérience de MUNK, concernant un chien dégraissé par le jeûne et nourri avec de la graisse de mouton, expérience que nous avons rapportée précédemment, la graisse de nouvelle constitution, entrant en fusion à 40°, comme la graisse de mouton, n'a pas été formée aux dépens des substances albuminoïdes du chien, mais créée avec de la glycérine prise dans l'organisme et avec les acides gras ingérés. La cellule conjonctive, empruntant les matériaux au sang, a fait synthétiquement cette graisse. Ce sont des phénomènes du même ordre qui se passent dans les cellules épithéliales qui revêtent les villosités intestinales, cellules qui empruntent au contenu du tube digestif les éléments premiers à l'aide desquels elles constituent les graisses (absorption intestinale).

Une dernière preuve du rôle propre des cellules dans l'élaboration des graisses est fournie par la diversité de composition du tissu adipeux chez les différentes espèces animales. On sait en effet que, chez un animal qui reçoit beaucoup de matières grasses, la graisse qui s'accumule dans son organisme, à moins qu'il ne se nourrisse exclusivement d'êtres semblables à lui, n'a pas, le plus souvent, la même composition chimique que celle qu'il a reçue. Ce cas particulier est une nouvelle preuve de la propriété générale appartenant au protoplasma animal comme végétal d'assimiler des substances et de les élaborer en produits nouveaux, après leur avoir fait subir une transformation plus ou moins complète. Dans ces derniers temps, on a cherché à déterminer le sort de matières grasses, en particulier de l'huile, introduites dans l'hypoderme. WINTERNITZ admet une utilisation, extrêmement lente, des huiles injectées et il avait constaté qu'une injection massive de 500 grammes était absorbée à raison de 2 à 5 grammes par jour.

WANDEL HENDERTON et ED. F. CROFUTT ont, de leur côté, expérimenté à l'aide de l'huile de graines de coton, qui reste entièrement fluide à la température ordinaire, qui possède une couleur jaune foncée, qui, par sa forte teneur en iode, donne d'une façon très nette la réaction de HALPHEN. La réaction de HALPHEN se pratique de la façon suivante : on prend du sulfure de carbone contenant environ 1 p. 100 de soufre en solution, et on le mélange avec un volume égal d'alcool amylique. Le réactif étant ainsi préparé, on mélange volume à volume le réactif et l'huile à examiner, et on porte dans un bain d'eau salée bouillante pendant 15 minutes. On obtient avec l'huile de coton une coloration orange ou rouge tout à fait caractéristique.

Des expériences poursuivies par les auteurs précédents qui injectaient de l'huile de coton sous la peau d'un chien, il semble résulter que l'huile est absorbée et transportée non pas à l'état d'émulsion, mais sous une forme soluble.

Au point de vue de l'influence sur le métabolisme, on s'aperçoit que, bien que dans certains cas les espaces sous-cutanés soient restés saturés d'huile pendant 35 jours, il n'y a pas eu formation de tissu adipeux vrai. On a retrouvé de l'huile de coton dans les graisses péritonéales. Les mêmes observateurs ont constaté qu'après l'ingestion par voie buccale, on retrouve facilement l'huile de coton dans le lait, chez les femelles en lactation; il n'en a pas été de même en injectant la quantité sous la peau. WANDEL HENDERTON et ED. F. CROFUTT concluent que l'huile injectée sous la peau se répand facilement et rapidement à travers les espaces sous-cutanés, qu'elle n'est pas transformée *in situ* en tissu adipeux. Ce tissu réagit en présence de l'huile comme en présence de toute autre substance vulnérante étrangère. Après l'injection hypodermique, elle n'apparaît ni dans le sang, ni dans la lymphe, ni dans le lait. Son utilisation est donc extrêmement faible, et les injections de cette huile ne semblent avoir pratiquement aucune valeur nutritive.

Quant au mécanisme suivant lequel se fait, dans l'organisme, l'utilisation des graisses, il est diversement interprété. On admet communément que la graisse se brûle dans l'organisme, qu'elle constitue, dans l'économie, une réserve de combustible, et que, au moment du besoin, elle est mise en rapport avec l'oxygène pris à l'air, d'où il résulte formation d'eau et d'acide carbonique et dégagement de calories. D'après

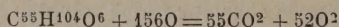
BOUCHARD, qui a cherché à donner la solution de cet important problème biologique, il y a des raisons qui tendent à faire supposer que la graisse peut disparaître par simple oxydation. A poids égaux, elle est la substance de l'organisme le plus richement dotée d'énergie (9 calories 3 pour 1 gramme), et elle ne saurait disparaître sans livrer ses calories. Chez les animaux nourris avec de la graisse, on constate une consommation intense d'oxygène et une production d'acide carbonique relativement moindre que dans la combustion du sucre.

Un animal au repos engraisse. Un animal gras, auquel on impose un exercice musculaire actif, perd sa graisse en même temps qu'il consomme plus d'oxygène et émet plus d'acide carbonique. Ce fait n'est pas contestable : encore est-il bien difficile, d'après ce que nous savons de la constitution anatomique, de la chimie et de la physiologie de la fibre musculaire, d'admettre que, même à titre exceptionnel, la graisse puisse se substituer au glycogène, se brûler directement dans le muscle et dégager son énergie en produisant du travail mécanique. La disparition de la graisse est certainement liée, dans certains cas, au fonctionnement des muscles, mais il doit y avoir des intermédiaires entre cette disparition de la graisse et les actes chimiques qui s'opèrent dans le muscle pour lui livrer l'énergie.

En tout cas, si la graisse s'oxyde, ce n'est pas dans le tissu adipeux que s'accomplit la combustion. Les larges mailles de son réseau capillaire tiennent la graisse à trop grande distance de l'oxygène, et d'ailleurs, dans les circonstances où la consommation de l'oxygène est la plus active, on peut constater que les parties les plus abondamment pourvues de graisse restent les plus froides et ne se réchauffent que tardivement, par emprunt de calorique aux tissus voisins.

L'acte chimique accompli dans la cellule adipeuse ne peut être que l'hydratation qui dédouble la graisse neutre et peut permettre aux produits de dédoublement, acides gras et glycérine, de franchir la membrane cellulaire, ce que la goutte de graisse neutre ne ferait peut-être pas. Il y a dans le sang un ferment capable de produire ce dédoublement : la lipase d'HANRIOT. Mais, comme on n'a pas constaté dans le sang la présence de glycérine, il se pourrait, ou qu'elle y fût brûlée immédiatement, ou que la graisse dédoublée se reconstituât immédiatement après sa sortie de la cellule, comme cela a lieu vraisemblablement pour une partie de la graisse intestinale quand elle traverse la surface de l'intestin, comme cela a lieu certainement pour l'albumine intestinale qui se dédouble en s'hydratant pour franchir la cellule, et de peptone redevient albumine dès qu'elle arrive au capillaire.

Si, directement ou après dédoublement, la graisse s'oxyde complètement dans l'organisme, la formule de sa combustion est la suivante, en prenant encore comme type l'oléo-stéaro-margarine :



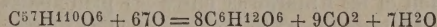
1 gramme de graisse en brûlant consomme 2,9023 d'oxygène et produit 2,8140 de CO_2 et 1,0884 de H_2O avec dégagement de 9^{cal},3. L'eau produite reste dans le corps, l'acide carbonique est éliminé. Les 104 atomes d'hydrogène de la graisse, en passant à l'état d'eau, fixent dans le corps 52 atomes de carbone de la graisse et les 6 atomes d'oxygène qui y étaient unis ont quitté l'organisme, soit une perte de 756 pour 860 de graisse. Ainsi, un gain de 832 et une perte de 756 : comme résultante un bénéfice de 76. La variation de poids est positive. Pour 1 gramme de graisse brûlée, on a 0,0884 d'augmentation de poids.

Cependant, la combustion complète pourrait ne pas être la seule métamorphose que la graisse subisse dans l'organisme.

CL. BERNARD admettait que la glycérine peut se transformer en glycogène, et BERTHELOT a vu, en 1857, le dixième du poids d'un corps gras neutre se transformer en sucre, mais c'était par le fait de la fermentation de la glycérine : les acides gras n'avaient pas participé à cette métamorphose.

Après la digestion, le plasma sanguin est laiteux ; au bout de quelques heures, il est clair. Peut-être quelques gouttelettes de graisse se sont-elles brûlées ; la plupart se sont déposées. Il s'en dépose probablement dans le tissu cellulaire ; ce qui est certain,

c'est que la plus grande partie se dépose dans le foie. La graisse, d'origine alimentaire, se dépose dans le foie, elle ne s'y accumule pas : malgré la succession des repas qui ramènent le même phénomène, le foie ne s'enrichit pas indéfiniment en graisse. NASSE pensait que le foie détruit cette graisse, que c'est même dans ses cellules que se détruirait la graisse venue du tissu adipeux. A la même époque, en 1886, SERGEN formulait cette opinion que le foie fait en effet disparaître la graisse qui s'y dépose, mais que cette disparition résulte d'une transformation en glycogène, et non d'une combustion. Sans spécifier le lieu de la transformation, CHAUVEAU a insisté sur les raisons qui rendent vraisemblable et même nécessaire cette métamorphose de la graisse non en glycogène, mais en sucre. Il a adopté la formule hypothétique que BERTHELOT avait donnée de cette transformation : il prend pour exemple la formation de glycose aux dépens de la stéarine :



Ce serait une combustion incomplète, à la façon de certaines fermentations. Les chimistes, en général, ne se sont pas montrés favorables à cette manière de voir, qui a cependant pour elle le témoignage de la physiologie générale.

Dans les graisses oléagineuses, la germination fait disparaître la graisse, le germe et les cotylédons utilisent cette graisse qui disparaît. On peut, par un artifice, saisir le premier stade de la transformation. Quand on place à l'étuve sur une flanelle humide une graine de ricin, et quand, la germination étant commencée, on enlève le germe, le travail ne cesse pas pour cela dans la graine. Les cellules de l'albumen montrent, à côté des gouttelettes huileuses qui diminuent, des grains d'amidon qui se multiplient. Il est probable que, dans les graines pourvues de leur germe, le même travail s'accomplissait, mais que les ferments du germe transformaient cet amidon en sucre, qui était détruit pour fournir l'énergie nécessaire à la constitution de la matière du germe, en attendant que le développement des parties vertes rendit possible l'utilisation de l'énergie solaire.

Le ver à soie, au moment où il passe à l'état de chrysalide, est riche en graisse, pauvre en glycogène. Peu à peu la chrysalide devient pauvre en graisse et riche en glycogène, sans avoir rien pu emprunter à l'extérieur, sauf un peu d'oxygène. La marmotte, pendant l'hivernation, perd sa graisse; mais son foie garde sa teneur en glycogène.

La plante, comme l'animal, nous donne, par ces exemples, lieu de croire que c'est bien d'une transformation de graisse en glycogène qu'il s'agit, le sucre arrivant comme produit d'une transformation ultérieure (BOUCHARD).

L'organisme animal n'est pas seulement capable d'absorber, d'assimiler et d'utiliser les matières grasses; il peut encore sécréter de la graisse. Chez les animaux supérieurs, ce pouvoir sécréteur appartient surtout à l'ectoderme et à ses dérivés glandulaires.

L'étude histologique de l'épiderme a permis à RANVIER de mettre en évidence la surcharge grasseuse que présentent les cellules d'une de ses couches constitutives, le *stratum granulosum*. Le protoplasma des éléments est infiltré par une substance émulsionnée sous forme de très fines gouttelettes et comparable à de l'huile (*oléidine*). La répartition et la transformation de cette substance huileuse constituent, pour l'organisme, un véritable moyen de protection.

Il en est de même pour le produit des glandes sébacées (*sebum*), qui recouvre la peau d'une couche de matière grasse.

Quant au produit des glandes mammaires, le lait, il est destiné, chez les vivipares, à fournir au nouveau-né les substances grasses (*beurre*), dont il a besoin pour parfaire son développement, quand il se trouve séparé de l'organisme maternel sur lequel il était greffé pendant la vie intra-utérine.

Enfin certaines glandes, comme les capsules surrénales, le rein, le testicule, l'ovaire, contiennent dans leurs cellules épithéliales des enclaves grasseuses, lécithiques pour la plupart, dont la signification physiologique, encore peu connue, est vraisemblablement en rapport avec des fonctions d'excrétion.

P. E. LAUNOIS et MEILLÈRE.

GRAPHIQUE (Méthode).

PREMIÈRE PARTIE

La méthode graphique indirecte.

I

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'ESPACE

La connaissance de la forme de la surface terrestre se place parmi les premiers besoins de l'humanité. — Aussi, de tout temps, les pasteurs des peuples ont dû chercher à représenter par des lignes, sur une surface, la forme des contrées sur lesquelles s'exerçait leur domination et les itinéraires entre les principaux marchés. Dès la plus haute antiquité aussi les philosophes se sont préoccupés de figurer l'ensemble des parties connues de la terre suivant les notions qu'on en avait alors.

L'origine de la figuration graphique de la surface terrestre, figuration qui porte le nom de *carte géographique*, se perd donc dans la nuit des âges. La fable nous raconte que le bouclier d'Achille était orné de ciselures géographiques. Les voyageurs contemporains nous ont appris que les indigènes des pays sauvages, auxquels ils demandaient des indications, exécutaient pour l'intelligence de leurs réponses des croquis géographiques.

Cartes géographiques. — Pour pouvoir tracer sur un plan la forme d'une certaine étendue de la surface terrestre, il faut savoir déterminer sur le plan la position de plusieurs points du terrain.

La position d'un point est déterminée quand on connaît les distances qui séparent le point de deux droites fixes qui se coupent. Ces droites sont représentées d'une part sur le terrain et d'autre part sur une surface de papier avec une réduction connue. Du point considéré du terrain, on abaisse deux perpendiculaires sur les deux lignes repères tracées sur le terrain. On mesure la longueur de ces droites, et on les porte, avec une réduction convenable, sur le papier. — Les lignes repères constituent un *système de coordonnées*. En géographie ces coordonnées s'appellent *longitude* et *latitude*.

Nous nous contentons de mentionner ces *coordonnées géographiques* sans entrer dans des détails concernant cette question qui est hors du cadre de notre travail.

Courbes d'égal niveau terrestre. — 1) Quand on veut représenter sur un plan la forme d'un terrain présentant des irrégularités d'altitude, on commence par représenter, sur le plan, la forme du terrain, et par déterminer, à l'aide des coordonnées géographiques, la position des points remarquables. A côté de ces points on marque le chiffre qui correspond à l'altitude de ce point. En réunissant par des traits les divers points qui correspondent à la même altitude, on obtient des courbes qui s'appellent *courbes d'égal niveau*.

Les courbes de niveau ne sont autre chose que la projection sur un plan du relief du terrain. Les divers points du plan représentent les pieds des perpendiculaires abaissées des points correspondants du terrain; une courbe de niveau, c'est la projection d'une surface horizontale qui couperait le terrain; l'ensemble des courbes de niveau représente la projection de plusieurs surfaces horizontales parallèles qui couperaient le terrain.

Ce mode de représentation graphique a l'avantage de présenter immédiatement à l'œil la forme vraie du terrain.

2) L'emploi des courbes d'égal élément remonte à une date fort éloignée. Vers 1665 furent publiées en Hollande des cartes sur lesquelles des courbes d'égal niveau montraient les légères inclinaisons du terrain et servaient à calculer la pente des eaux dans ce pays sillonné de canaux.

Buache a fourni le principe de ce mode de représentation dans son *Essai de géographie physique* en 1752; les premières applications de ce principe avaient été publiées en 1737. Les cartes de Buache se rapportent aux profondeurs de la mer.

Ducarla, en 1780, étendit aux reliefs terrestres le système de courbes de niveau de Buache.

1. Voir le *Sommaire* à la fin de l'article.

En 1804, cette méthode de représentation fut présentée comme une invention nouvelle par DUPAIN-TRIEL.

II

LES MATHÉMATIQUES ET LA MÉTHODE GRAPHIQUE

Les constructions graphiques ont joué de tout temps un très grand rôle dans les sciences mathématiques. Contentons-nous de citer simplement ici celles qui en font plus particulièrement un usage constant :

La *géométrie* et la *géométrie descriptive* étudient graphiquement la forme et la grandeur des corps.

La *géométrie analytique* étudie les relations qui existent entre les propriétés géométriques et les propriétés analytiques des équations.

Le *calcul graphique* a pour but, certaines quantités étant représentées par divers éléments géométriques du plan, de déterminer les quantités liées aux premières par des formules connues. — Grâce à cette science, on peut, en se bornant à l'emploi exclusif de la règle et du compas, c'est-à-dire en n'employant que la ligne droite et le cercle, effectuer par des tracés géométriques des calculs assez complexes.

La *statique graphique*, qui n'est qu'une branche du calcul graphique, a particulièrement pour objet l'étude de la composition des forces et la recherche des conditions de leur équilibre. — Grâce à elle, les problèmes usuels concernant la stabilité des constructions et la résistance des matériaux peuvent être résolus par de simples tracés, aussi expéditifs qu'élégants, qui, tout en comportant beaucoup moins de chance d'erreurs que les calculs longs et pénibles, donnent cependant les résultats avec un degré d'approximation plus que suffisant pour les besoins de la pratique.

Enfin, une science toute nouvelle, la *nomographie*, a pour but de remplacer des opérations délicates et difficiles, qui exigent des calculs numériques laborieux, par des images appelées *abaques*, qui traduisent les lois qui unissent un certain nombre de quantités simultanément variables, de façon à permettre, par une *simple lecture*, étant données des valeurs particulières pour toutes ces quantités, sauf une, d'avoir la ou les valeurs correspondant à celle-ci.

III

LA MÉTHODE GRAPHIQUE INDIRECTE DANS LA PRATIQUE

1) L'origine de la représentation graphique des phénomènes par des surfaces et des symboles est très ancienne. Nous pouvons citer comme exemple un document du vieux Mexique. Ce document raconte les événements survenus pendant le règne du roi Acamapich. La durée de ce règne est représentée par une large et longue bande bleue, divisée en treize parties ; chacune de ces parties représente une année ; comme il y a treize divisions, il en résulte qu'Acamapich a régné treize ans. Dans chaque division de la grande ligne se trouvent représentés par des symboles les événements importants de l'année.

2) Parmi les premières applications de la construction graphique à la représentation des phénomènes nous pouvons citer un Mémoire de LAMBERT sur les mouvements hygro-métriques. Ce mémoire a été présenté à l'Académie des Sciences de Berlin, en 1769.

3) VINCENT et GOIFFON, en 1769, ont employé une notation graphique très intéressante, et qui est restée jusqu'à présent le plus parfait mode d'exprimer les phénomènes des allures du cheval. Voici en quoi consiste cette représentation graphique. Sur une sorte de portée musicale, composée de quatre lignes, se trouvent notés l'instant de chaque battue des quatre pieds et la durée de l'appui qui le suit.

4) L'emploi de la méthode graphique en statistique est très ancien. PLAYFAIR, dans son travail : *Tableaux d'arithmétique linéaire du commerce des finances et de la dette nationale d'Angleterre*, publié en 1789, insiste sur la clarté que donne la représentation graphique et montre que les courbes font apparaître clairement la signification d'une statistique.

5) En 1845, IBRY imagina une construction graphique très ingénieuse pour montrer la marche des trains. On trouve à l'École des Arts et Métiers, inscrite au catalogue de 1845, l'indication suivante : *tableau régulateur pour rendre sensible la marche générale des trains du chemin de fer* (à la lettre Y, page 371).

6) BERGHAUS, dans son atlas, publié en 1852, a représenté par des courbes construites dans un système de coordonnées rectilignes quelques données relatives à l'anthropologie.

7) Les courbes propres à représenter la *loi d'un phénomène* s'appellent aussi *courbes physiques*.

L'utilité de ces courbes est très grande et leur emploi très fréquent dans toutes les sciences expérimentales et appliquées. La mécanique, la physique et toutes les sciences qui en dérivent ou s'y rattachent par quelque côté, ont énormément généralisé l'emploi des tracés graphiques qui leur ont rendu des services d'une importance extrême.

Les courbes construites d'après la relation analytique qui exprime la loi commune d'un phénomène s'appellent *courbes représentatives*.

Les courbes construites d'après un certain nombre de valeurs ou d'observations, en donnant une solution graphique du problème de l'interpolation, s'appellent *courbes interpolaires*.

8) Les constructions graphiques, les diagrammes, les abaques, etc., rendent de très grands services à toutes les sciences ; leur usage prend une extension de plus en plus grande. La logique même emploie quelquefois des graphiques pour représenter des propositions et des raisonnements. Les représentations graphiques employées par la logique sont, en général, des cercles concentriques ou des ellipses qui s'entre-croisent.

En voulant choisir des exemples pour montrer comment on représente à l'aide des graphiques de simples faits d'observation et des lois, nous n'avons que l'embarras du choix. Pour mettre de l'ordre et de la clarté dans l'exposition des exemples choisis, nous commencerons par les moyens les plus simples de représentations graphiques, et, graduellement, d'exemple en exemple, nous irons vers des représentations de lois et de faits de plus en plus complexes.

§ I. — Droites, colonnes, surfaces.

A. — Un phénomène quelconque peut être représenté à l'aide d'une seule ligne divisée, c'est-à-dire à l'aide d'une *échelle*. Voici un exemple de ce mode de représentation :

Le spectre solaire peut être représenté par un trait divisé en parties proportionnelles aux longueurs d'onde ou aux fréquences des vibrations. Ces deux modes de représentations se valent au fond ; mais, en général, l'échelle des longueurs d'onde a été préférée et a été employée parce qu'elle a l'avantage d'être directement réalisée par les réseaux.

Avec une échelle proportionnelle aux longueurs d'onde, les divisions de l'échelle du côté de l'infra-rouge sont énormes ; avec une échelle proportionnelle aux fréquences des vibrations, les divisions de l'échelle du côté de l'infra-violet sont énormes. C'est là un inconvénient de ce mode de représentation.

Pour éviter ces inconvénients, Lord RAYLEIGH (*Nature*, 1885, XXVII, 559) a proposé, le premier, l'échelle logarithmique. — GUILLAUME (*Revue gén. des Sc.*, 1899, 5) a montré l'intérêt qu'offre l'échelle logarithmique pour la représentation d'une grande étendue du spectre.

La fig. 39 représente le tableau que GUILLAUME a dressé de l'ensemble du spectre. Ce tableau comprend, en dehors du spectre visible, qui s'étend à peu près sur une octave (de $0,4 \mu$ à $0,8 \mu$), les deux octaves de l'ultra-violet ($0,1 \mu$ à $0,4 \mu$) et six octaves de l'infra-rouge ($0,8 \mu$ à 61μ), explorées dans ces dernières années. On voit, de plus, sur ce tableau, qu'il reste encore une région inconnue, comprenant environ cinq octaves, qui s'étend des ondes calorifiques les plus longues que l'on ait mesurées jusqu'aux ondes électriques les plus courtes (4^{mm}) observées par LAMPA.

Ce tableau nous montre que la représentation du spectre à l'aide de l'échelle logarithmique présente les avantages suivants :

a) Elle est absolument symétrique par rapport aux longueurs d'onde et évite ainsi tout développement exagéré de la figure vers l'infra-rouge. Il en serait de même si l'échelle logarithmique correspondait aux fréquences des vibrations; dans ce cas, on n'aurait pas un développement exagéré de la figure vers l'ultra-violet.

b) Elle correspond exactement à la division par octaves, usitée en acoustique. A une même différence de longueurs des divisions correspond toujours le même rapport des longueurs d'ondes ou des fréquences.

c) Elle permet de représenter sur une même feuille les propriétés spectrales d'un corps depuis l'extrême ultra-violet jusqu'à l'extrême infra-rouge, sous une forme qui les fait ressortir avec la même netteté dans toutes les régions du spectre. Cela tient à ce que les propriétés varient d'une manière beaucoup plus régulière quand on fait varier la longueur d'onde par *progression géométrique* au lieu de la faire varier par *progression arithmétique*.

B. — a) On peut représenter une quantité quelconque par une *colonne*. En subdivisant une colonne, et en teintant différemment les divers segments, on peut représenter les

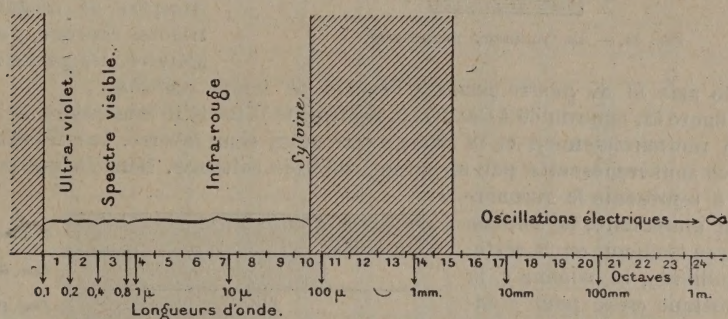


FIG. 39. — Représentation graphique du spectre solaire.

diverses variétés qui font partie de la quantité représentée par la grande colonne. Une telle représentation des faits s'appelle représentation en *grandeurs scalaires*. Par exemple, pour représenter la mortalité par an pour mille habitants dans un pays, on procède de la façon suivante : on représente le nombre total des morts par une grande colonne et dans celle-ci on fait plusieurs subdivisions correspondant aux maladies qui ont provoqué la mort. La colonne totale de la mortalité est ainsi formée d'un ensemble d'assises.

Voici un exemple de ce genre de représentation : La ventilation pulmonaire (fig. 40). Les explications indiquées sur la figure nous dispensent de tout commentaire.

b) En mettant côte à côte plusieurs colonnes représentant en grandeurs scalaires un fait, on obtient un tableau qui rend saisissable au premier abord un phénomène complexe.

Naturellement, les colonnes peuvent être verticales ou horizontales. Voici quelques exemples de ce mode de représentation.

1. La figure 41 représente un tableau dans lequel les colonnes sont disposées en rangées horizontales. Les parties hachurées des colonnes indiquent les pertes subies, à la fin de l'inanition par 100 grammes des tissus les plus importants de l'organisme; les parties blanches montrent ce qui reste au moment de la mort. Ce tableau montre immédiatement que la graisse est le tissu qui subit la plus grande perte, tandis que le cœur est l'organe qui subit la moindre perte.

2. On trouve dans le livre de MAREY (*La Méthode graphique*) un tableau remarquable de *chronologie graphique* représentant en grandeurs scalaires la durée des règnes des souverains de la maison de Hanovre, depuis Georges I^{er} jusqu'à la reine Victoria. — Dans ce tableau, qui est extrait d'une intéressante publication de J. RUSSELL (*Chronological*,

historical and statistical Diagram from the year 1600 to the present time), une bande teintée formée de hachures représente la durée de la vie de chacun des souverains;

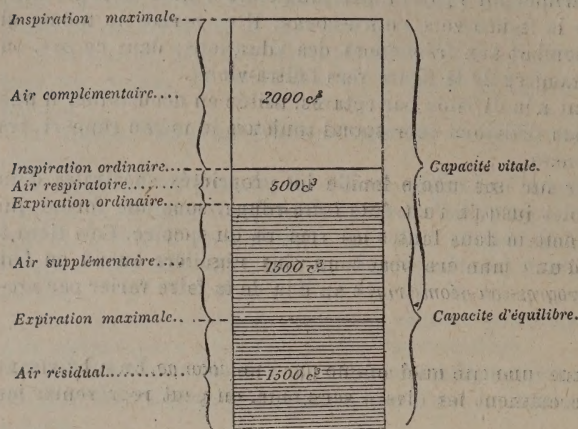


FIG. 40. — La ventilation pulmonaire.

cette bande commence à la date de la naissance, qu'on lit sur la ligne horizontale supérieure du tableau, et finit à la date de la mort. La durée du règne est figurée par une bande noire. — Les généalogies se comprennent aisément, car la bande qui correspond à la vie de chaque souverain se détache de celle qui mesure la vie de son père comme une branche se détache d'un tronc. — Au bas du tableau, une ligne horizontale, coupée en tronçons de longueurs variables, exprime, pour l'Angleterre, les périodes alter-

natives de paix et de guerre pendant l'espace de temps considéré.]

3. La figure 42, empruntée à CHAUVEAU, représente l'élasticité musculaire de l'homme quand le raccourcissement et la charge varient en sens inverse. Les résultats d'une expérience sont représentés par un groupe de trois colonnes. Dans chaque groupe, la colonne *a* représente le raccourcissement musculaire, la colonne *b*, la charge soutenue ou la résistance équilibrée, la colonne *c*, la force élastique créée pour équilibrer la charge. La partie claire, à la base de cette dernière colonne, représente l'élasticité effective ou le travail statique qu'elle accomplit.

4. Citons encore, comme exemples de ce mode de représentation, les tableaux à colonnes d'ARTHAUD et BUTTE représentant l'action du pneumogastrique sur la sécrétion rénale; ceux de LATANIE représentant la marche des combustions et du quotient respiratoire en fonction du travail musculaire et du repos consécutif.

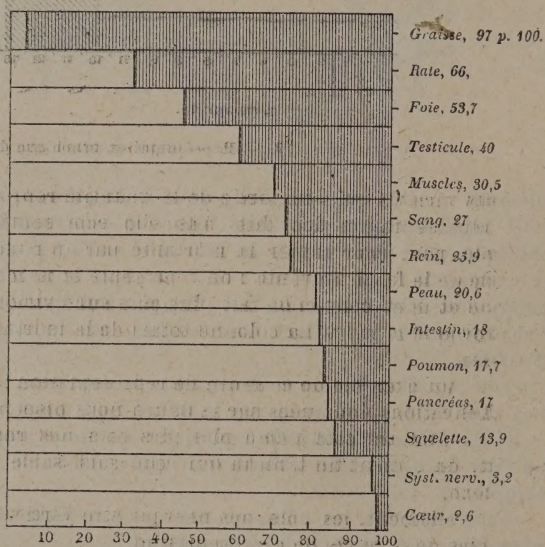


FIG. 41. — Pertes du poids des tissus pendant l'inanition.

C. — Aulieu de colonnes on peut employer des surfaces de formes diverses. Ainsi LEYASSEUR, dans sa *Statistique graphique* de 1883, a employé des rectangles et des carrés pour représenter, par des aires proportionnelles, d'une part les superficies, de l'autre, les populations des divers États du globe. CHEYSSON, dans ses travaux de statistique graphique, a donné aux surfaces représentatives du mouvement maritime des ports français, la forme d'éventails disposés en demi-cercle. Dans ce dernier mode de représentation, la mesure visuelle des rapports n'est pas seulement provoquée par des éléments superficiels, mais aussi par des éléments linéaires, car chacun des éventails est partagé par des secteurs dont les rapports mutuels de grandeur résultent simplement de l'arc qu'ils embrassent.

§ II. — Coordonnées rectilignes.

Le résultat des expériences qu'on fait pour déterminer la loi d'un phénomène consiste en général en une série de chiffres que l'on réunit en un tableau. Ces chiffres permettent quelquefois d'établir une formule. Dans ce cas, la loi du phénomène se présente plus facilement à l'esprit que sous forme de tableau. Pour avoir la loi en

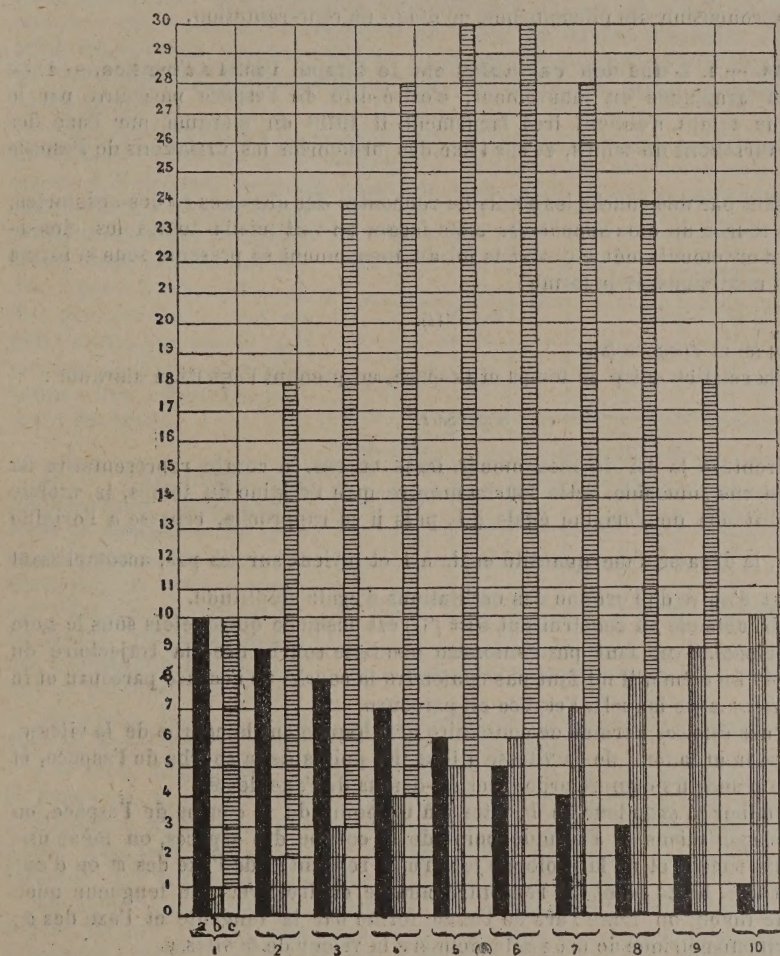


FIG. 42. — Variations de l'élasticité musculaire de l'homme en fonction du raccourcissement et de la charge.

question sous forme de courbe, il suffit de prendre les chiffres du tableau sur les axes d'un système de coordonnées.

Rien de plus simple que de représenter un phénomène en coordonnées orthogonales, quand dans la loi de ce phénomène il n'entre que deux variables : il suffit de porter l'une sur l'abscisse et l'autre sur l'ordonnée et de réunir par une courbe les points de rencontre des abscisses avec les ordonnées correspondantes.

Le choix des échelles de graduation des axes des coordonnées n'est pas indifférent. Le graphique, ou *diagramme*, est *mou*, si l'échelle des ordonnées est trop faible par rapport à celle des abscisses, car alors les différences des hauteurs de la courbe sont peu accusées. — Le graphique au contraire devient *criard*, si l'échelle des ordonnées est trop forte, car alors certaines différences s'accroissent trop énergiquement.

Quand un phénomène présente deux ordres de variations : des variations repré-

sentées par des valeurs faibles, d'autres, au contraire, par des valeurs considérables, on rencontre de grandes difficultés pour sa représentation graphique. — On ne peut le représenter autrement, qu'en ayant recours à deux échelles différentes, avec deux champs différents.

Des représentations des phénomènes par une courbe construite à l'aide de coordonnées rectilignes se rencontrent à chaque pas dans toutes les sciences. — Nous en donnerons quelques exemples pour montrer les avantages considérables que présente, au point de vue de la compréhension des phénomènes, ce mode de représentation.

A. Physique. — I. L'une des variables est le temps, l'autre l'espace. — 1) La représentation graphique du mouvement, c'est-à-dire de l'espace parcouru par le mobile avec le temps, s'obtient très facilement. Il suffit de marquer sur l'axe des abscisses les variations du temps, et sur l'axe des ordonnées les variations de l'espace parcouru.

En réunissant par une courbe les points de rencontre des abscisses et des ordonnées, on obtient la courbe du mouvement. De cette façon, on voit mieux toutes les circonstances d'un mouvement, même quand la loi du mouvement se présente sous la forme d'une relation analytique de la forme :

$$S = f(t),$$

entre le temps (t) et l'espace (s).

Précisons la relation entre le temps et l'espace, en prenant l'équation suivante :

$$S = \cos t,$$

comme représentant la loi du mouvement. Dans ce cas, la courbe représentative du mouvement est une sinusoïde. Cette courbe montre qu'à l'origine du temps, le mobile était à une distance de l'origine égale à 1, puis il se rapproche, repasse à l'origine lorsque $t = \frac{\pi}{2}$, la dépasse d'une quantité égale à 1 et revient sur ses pas, accomplissant ainsi de part et d'autre de l'origine des oscillations d'égale amplitude.

2) La courbe obtenue en construisant $S = f(t)$ est désignée quelquefois sous le nom de *courbe de l'espace*. Il ne faut pas confondre une telle courbe avec la trajectoire du point mobile. — De même, il ne faut pas confondre la courbe de l'espace parcouru et la *courbe de la vitesse* avec laquelle l'espace est parcouru.

La courbe des espaces permet de construire graphiquement la courbe de la vitesse, en déterminant la grandeur de la vitesse à tous les points de la courbe de l'espace, et en portant ces grandeurs comme ordonnées au-dessus de l'axe des x .

Pour déterminer la grandeur de la vitesse à un point de la courbe de l'espace, on procède de la façon suivante : à chaque point de la courbe des espaces, on mène une tangente à cette courbe et on la prolonge jusqu'à la rencontre de l'axe des x ou d'une parallèle à cet axe. De ce point de rencontre comme centre, avec une longueur quelconque comme rayon, on trace l'arc de l'angle formé par la tangente et l'axe des x ; la tangente trigonométrique de cet angle donnera la valeur de la vitesse.

Dans une série de déterminations successives, il faut, pour tracer les arcs de la série des angles obtenus, se servir de la même ouverture de compas. La série des tangentes de ces angles fournira les rapports des différentes vitesses, et permettra de construire la courbe des vitesses. — Celle-ci est obtenue de la façon suivante : à chaque division du temps prise sur l'abscisse, on élève une ordonnée égale à la grandeur de la vitesse correspondant à la même division du temps. La courbe de la vitesse d'un mouvement quelconque est représentée par l'équation : $V = f'(t)$.

En appliquant à la courbe de la vitesse une construction identique à celle qui a été appliquée à la courbe des espaces, on pourra construire graphiquement la courbe des valeurs de l'accélération.

3) Parmi les applications pratiques de la représentation graphique d'un mouvement, citons les tableaux de la marche des trains. Avec un tel tableau, un employé sait exactement l'heure du passage de tous les trains en chaque point de la ligne, le lieu de croisement des trains qui montent avec ceux qui descendent, la vitesse absolue

de chacun d'eux, les temps de marche et ceux d'arrêts, les heures de départ et celles d'arrivée.

L'invention de tels tableaux est due à IBRY (1845).

On trouve dans le livre de MAREY un tableau représentant la marche des trains entre Paris et Lyon. Sur l'axe des ordonnées de ce diagramme, on lit la série des stations, c'est-à-dire les divisions de l'espace à parcourir; l'écartement des stations entre elles est proportionnel aux distances kilométriques qui les séparent. — Sur l'axe des abscisses sont comptées les divisions du temps en heures, partagées elles-mêmes en subdivisions de 10 minutes chacune. La largeur du tableau est telle que les 24 heures du jour y sont représentées, commençant à 6 heures du matin et finissant à la même heure du soir.

A des instants successifs, le train occupe des points toujours différents du tableau. La série de ces points donne naissance à une ligne qui est descendante et oblique de gauche à droite pour les trains venant de Paris, tandis qu'elle est ascendante et oblique dans le même sens pour les trains montant sur Paris. Les arrêts sont représentés par des lignes horizontales en face des stations. — Les rapides sont tracés par un trait plus fort. — Le croisement des trains a lieu à l'entre-croisement des traits.

II. — Variations des phénomènes électriques avec le temps. — En prenant le temps sur l'axe des abscisses, on peut prendre sur l'axe des ordonnées des longueurs proportionnelles soit à l'intensité du courant, soit au potentiel, soit enfin à la puissance. Dans le premier cas, l'échelle des ordonnées représente des ampères, dans le second des volts et dans le troisième des watts.

Les trois diagrammes représentant les variations de l'intensité, du potentiel et de la puissance, ayant une échelle commune, celle du temps, marquée sur l'abscisse, peuvent être superposés. C'est ce qu'on a fait sur la fig. 43. De cette façon, on saisit mieux d'un seul coup d'œil les relations qui existent non seulement entre une des variables et le temps, mais aussi entre toutes les variables.

La figure 43 représente les variations des éléments d'une pile du colonel RENARD. La courbe en trait continu représente le voltage, un volt correspondant sur l'échelle des ordonnées à 0^{mm}5. La courbe en trait discontinu représente l'intensité du courant débité par la pile, un ampère correspondant, sur l'échelle des ordonnées, à une longueur de 5^{mm}. Enfin, la troisième courbe, en pointillé, représente la puissance du courant électrique, un watt correspondant sur l'échelle des ordonnées à une longueur de 0^{mm}25.

III. — Variations du volume d'un corps avec la température et en fonction du temps. — 1) En portant sur l'axe des abscisses d'un système de coordonnées le degré de température et sur l'axe des ordonnées les variations de volume rapportées au volume primitif à zéro, on obtient la courbe des variations de volume d'un corps en fonction de la température.

C'est ce qu'on a fait pour obtenir les diagrammes des fig. 44 et 45. — La figure 6 représente, d'après ERMANN, les variations de volume de l'alliage de Rose (alliage formé de deux parties de bismuth, une de plomb et une d'étain). — En regardant cette figure, on voit dès le premier abord que la variation de volume pendant la fusion n'a aucune influence sur le volume final, qui serait celui d'un solide s'étant dilaté régulièrement,

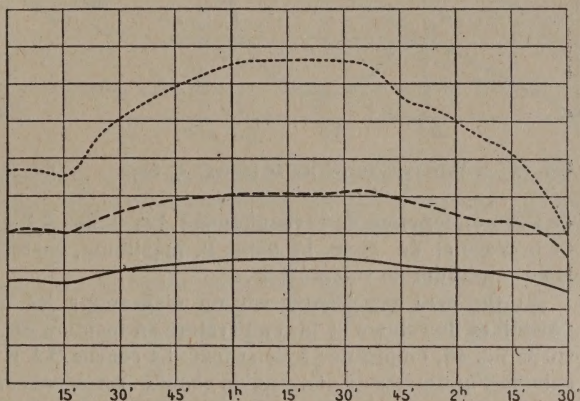


FIG. 43. — Variations de l'intensité, du potentiel et de la puissance d'un courant électrique en fonction du temps.

car la ligne D E de dilatation semble être le prolongement de la ligne O A. — En examinant de près cette courbe, on voit que, pendant l'échauffement, le volume présente un maximum à 43° (A), ensuite l'alliage se contracte rapidement et son volume présente un minimum à 68°. A partir de 68°, le volume augmente de nouveau jusqu'à 93° (C) environ, où le métal est complètement fondu. — En continuant l'échauffement, on provoque une dilatation rapide jusqu'à 100° (D) environ : ensuite la dilatation est régulière et la ligne D E qui la représente semble être la continuation de la ligne O A.

La courbe de la fig. 45 représente, toujours d'après ERMANN, les variations de volume

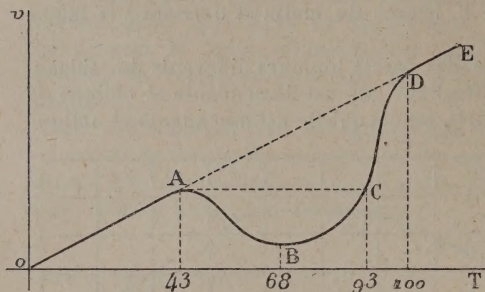


FIG. 44. — Variations du volume de l'alliage de Rose.

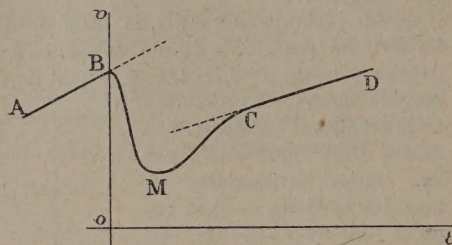


FIG. 45. — Variations du volume de l'eau.

de l'eau en fonction de l'échauffement. Les lignes A B et C D représentent les dilatations de la glace et de l'eau. Le point B, maximum, correspond à la fusion à 0° et le point M au minimum de volume à 4°.

2) On peut représenter sur un diagramme les relations qui existent entre les variations de volume et la température en fonction du temps. — C'est ce qui a été fait sur la fig. 46, empruntée à GUILLAUME. La courbe O A B C D représente les variations de volume d'une masse de verre qu'on chauffe successivement à des températures différentes (Θ_1, Θ_2).

— Sur l'axe des abscisses se trouve marqué le temps (T); sur l'axe des ordonnées des diminutions de volume, c'est-à-dire des contractions ($-V$).

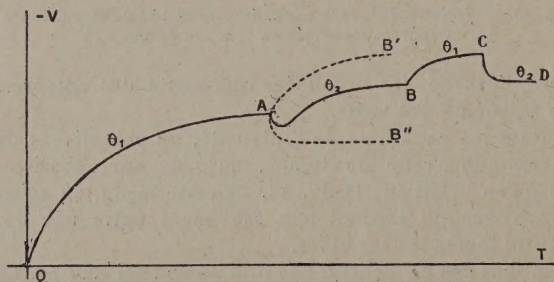


FIG. 46. — Variations des contractions ($-V$) d'une masse de verre en fonction de la température et du temps.

En analysant cette figure, on voit comment la contraction se produit lentement, suivant la courbe O A, quand la masse de verre est à la température Θ_1 . — A une autre température, Θ_2 , le verre se dilate d'abord rapidement (courbe descendante) et ensuite se contracte lentement, suivant la courbe A B. Ramenée

de nouveau à la température Θ_1 , la masse de verre se contracte de nouveau, suivant la courbe B C. Enfin ramené à Θ_2 , le verre reprend les mêmes valeurs qu'à la fin du premier recuit à cette température.

IV. — Statique des fluides. Température, volume et pression. — Les relations qui existent entre les variations de la température, du volume et de la pression ont été représentées graphiquement de la façon suivante :

1) La figure 47 montre comment CLAPEYRON a représenté l'état d'un corps dont le volume est v et la pression p à un instant donné. — Sur l'axe des abscisses d'un système de coordonnées se trouvent marquées les valeurs v du volume et sur l'axe des ordonnées les valeurs p de la pression du gaz. A deux valeurs déterminées des coordonnées v et p correspond un point figuratif (A) du plan.

Si le point figuratif se déplace de A en B sur une parallèle à l'axe de $O p$, cela signifie que, le volume du gaz restant constant, on a augmenté la pression en augmentant la température; si au contraire le point figuratif se déplace de B en C suivant une parallèle à l'axe $O v$, cela signifie que, la pression étant maintenue constante, un accroissement de température a provoqué un accroissement correspondant du volume.

Suivant ce mode de représentation, on trace soit une série de *lignes isothermes*

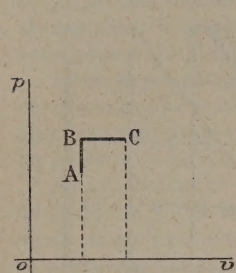


Fig. 47. — Variations de volume d'un gaz en fonction de la pression.

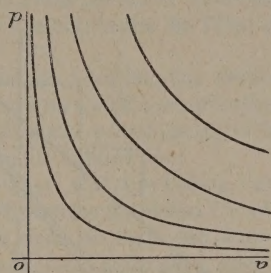


Fig. 48. — Lignes isothermes.

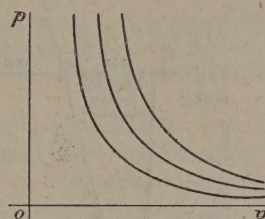


Fig. 49. — Lignes adiabatiques.

(fig. 48), représentant les transformations d'une masse gazeuse à température constante, soit une série de *lignes adiabatiques* (fig. 49), représentant les transformations d'une masse gazeuse à chaleur constante. — La forme générale de ces courbes rappelle celle des hyperboles équilatérales.

2) La figure 50 représente une série de lignes isothermes qui montrent la relation qui existe entre le volume et la pression d'une vapeur à différentes températures. — Dans cette figure, les pressions, au lieu d'être marquées sur l'axe des ordonnées,

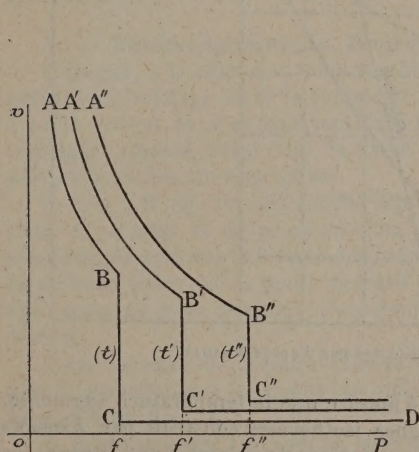


Fig. 50. — Variations du volume et de la pression d'un gaz à différentes températures.

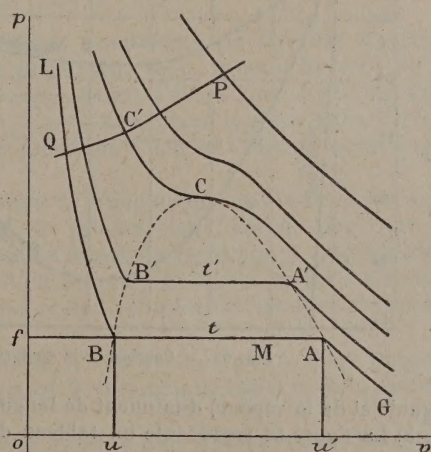


Fig. 51. — Lignes isothermes d'ANDREWS.

comme dans les figures précédentes, sont prises sur l'axe des abscisses. — En examinant la branche de courbe AB de la ligne $ABCD$, correspondant à la température (t) , on voit qu'elle indique que, au fur et à mesure que le volume diminue, la pression augmente suivant à peu près la loi de MARIOTTE. — La droite BC , de la même ligne isotherme, parallèle à l'axe Ov , montre que si l'on continue à diminuer le volume de la vapeur, il arrive un moment où la force élastique, qui a toujours été en croissant, cesse d'augmenter et demeure invariable; en même temps la vapeur commence à se condenser en une goutte liquide. A ce moment, la vapeur saturante a atteint la force maximum corres-

pendant à cette température. La branche CD de la courbe, qui est une droite sensiblement parallèle à Op , représente les faibles variations de volume subies par le liquide provenant de la condensation de toute la vapeur sous l'influence d'une pression toujours croissante.

Les courbes $A'B'C'D'$, $A''B''C''D''$, obtenues à des températures plus élevées (t' , t''), sont analogues à la courbe $ABCD$ que nous venons d'analyser. Les portions rectilignes $B'C'$, $B''C''$ de ces isothermes (correspondant à l'existence simultanée du

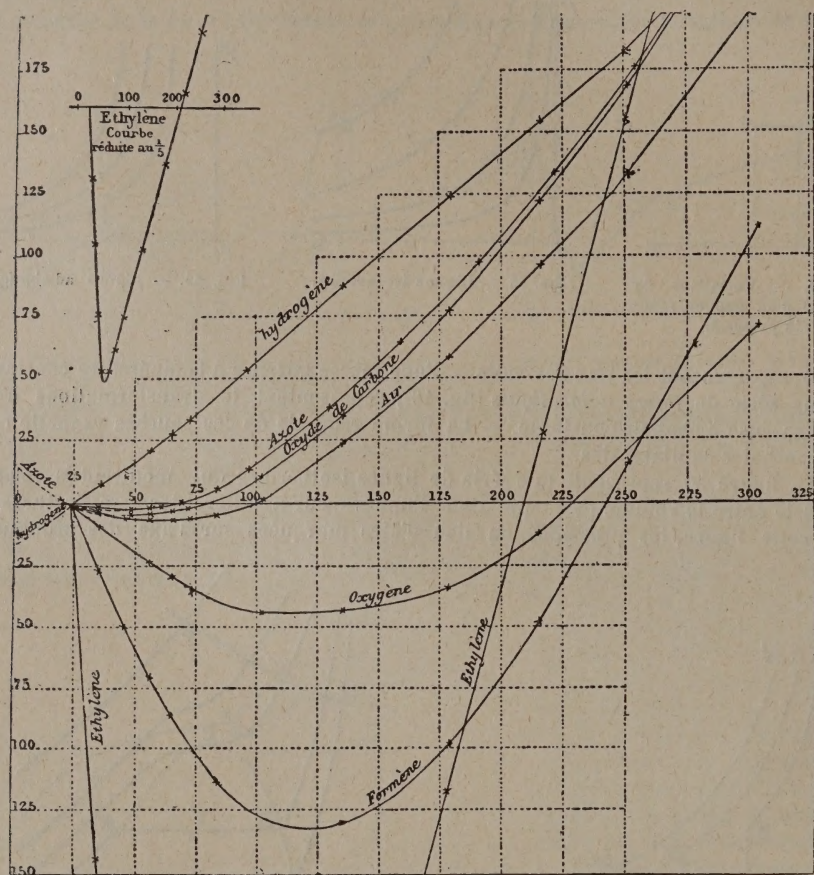


FIG. 52. — Courbes de la compressibilité des gaz d'après AMAGAT.

liquide et de la vapeur) diminuent de longueur à mesure que la température augmente.

3) La figure 51 représente un tableau de lignes isothermes construit par ANDREWS. Dans cette figure, les abscisses représentent les variations de volume d'une vapeur; les ordonnées, les variations de pression. Sur l'une des courbes $GABL$, l'ordonnée commune aux points A et B mesure la force élastique maximum à la température t , à laquelle a été construite cette isotherme; les abscisses u' et u des points extrêmes de la droite AB sont les volumes spécifiques de la vapeur et du liquide dans les mêmes conditions de température et de pression (t et t); au point A , la vapeur est saturée, la liquéfaction commence, au point B , elle est totale, et en un point intermédiaire M , les distances MB , MA sont proportionnelles aux poids du liquide formé et de vapeur restante.

À une température supérieure t' , les points A' et B' se rapprochent; ils se confondent à la température critique en C où la ligne isotherme présente un point d'inflexion et une tangente horizontale.

La courbe qui joint les points A , A' , C , B' , B sépare le plan en deux régions. Dans

l'intérieur de la courbe, en un point M , le fluide se présente simultanément sous les deux états. A une même température et à une même pression, correspondent une infinité de volumes entre u et u' .

A l'extérieur de la courbe, une température et une pression données suffisent à définir le volume correspondant, et, si la température est supérieure à la température critique, les deux états distincts de la matière ne se montrent plus simultanément. Si l'on imagine que, par des transformations, on fasse suivre au corps la courbe PQ , le corps passera totalement de l'état gazeux à l'état liquide en c' sans aucune transition appréciable : il existe donc une continuité de l'état gazeux à l'état liquide dans toute cette région du plan.

4) La figure 52 représente les résultats des études d'AMAGAT sur la compressibilité des gaz sous des pressions très fortes et à température constante. Dans cette figure, les abscisses sont proportionnelles aux pressions (p), et les ordonnées sont proportionnelles au produit de la pression par le volume (pv).

En examinant ce tableau, on voit que l'azote commence à se comprimer plus que ne l'exige la loi de MARIOTTE, comme REGNAULT l'avait annoncé. Cet écart passe par un minimum, puis il change de signe, de sorte que, à une pression très considérable, l'azote se comporte comme se comportait l'hydrogène dans les expériences de REGNAULT, et se comprime moins que la loi de MARIOTTE ne l'indique.

On retrouve ce minimum bien accentué pour tous les gaz étudiés par AMAGAT : air, oxygène, hydrogène, oxyde de carbone, formène, éthylène. Pour l'éthylène, ce minimum est placé tellement bas qu'il sort des limites de la figure. Cette courbe de l'éthylène, réduite au $\frac{1}{3}$, se trouve représentée, en haut, dans un coin de la figure.

La courbe de compressibilité a donc, pour tous les gaz, la forme générale suivante : Une branche descendante, un minimum, ensuite une branche ascendante. L'hydrogène, qui sur la figure paraît faire exception à cette règle, en réalité n'en fait pas. V. WROBLEWSKI a montré qu'on retrouve aussi pour ce gaz la branche descendante et le minimum de pv si l'on expérimente à de très basses températures.

V. — Thermodynamique. Représentation graphique du travail. Cycle. —

1) Quand, à la suite des transformations qu'un corps subit, le point figuratif qui représente la relation entre le volume et la pression décrit d'abord l'arc AMB (fig. 53) et ensuite revient en A en décrivant l'arc BNA , c'est-à-dire quand le point figuratif décrit une figure fermée, l'état final du corps étant identique à son état initial, on dit que le corps a parcouru un *cycle fermé*.

2) Soit AB (fig. 54) une courbe représentant la relation qui existe entre les variations de volume et de pression d'un corps, le volume étant marqué sur l'axe des abscisses, la pression sur l'axe des ordonnées. Le travail du corps, qui a subi des transformations telles que le point figuratif décrit la courbe AB , a pour valeur l'aire curviligne comprise entre la courbe, l'axe des volumes et les deux ordonnées extrêmes, c'est-à-dire $AabB$.

Il est convenu de prendre comme *positif* le travail effectué par le corps quand le point figuratif décrit la courbe, en allant de A en B , et comme *négatif* si le point parcourt la courbe de B en A .

3) Quand un corps parcourt un cycle fermé, le travail a pour représentation géométrique l'aire de la courbe qui représente le cycle fermé.

Soit le cycle fermé $AMBN$ (fig. 53). Menons deux tangentes parallèles à l'axe Op . Imaginons que le corps subisse la transformation d'une façon telle que le point figuratif décrive la courbe représentative dans le sens des aiguilles d'une montre. Pendant qu'il décrit l'arc AMB le travail est positif et est représenté par l'aire $AMBba$; quand il revient de B en A , le travail est négatif et représenté par $ANBba$, qu'il faut prendre en signe contraire, c'est-à-dire retrancher de l'aire $AMBba$. Le travail total est donc mesuré par l'aire de la courbe fermée (représentée sur la figure avec des hachures simples).

Le travail est pris positivement quand le corps décrit un cycle fermé de façon que la trajectoire du point figuratif est parcourue dans le sens des aiguilles d'une montre; il est pris négativement dans le cas contraire.

4) Parmi le nombre infini de cycles qu'on peut faire décrire à un corps, il est un cas particulier très intéressant : c'est celui qui a reçu le nom de *Cycle de Carnot*. Ce cycle, représenté par la fig. 56, est formé de deux portions d'isothermes infiniment voisines, AB et CD , aux températures T_1 , T_2 , et de deux portions de courbes adiabatiques AD et BC , également très voisines. Si ce cycle est parcouru dans un sens, cela correspondra au cas où la chaleur se transforme en travail; s'il est parcouru en sens contraire, cela correspondra au cas où le travail sert à fournir de la chaleur. Un pareil cycle est entiè-

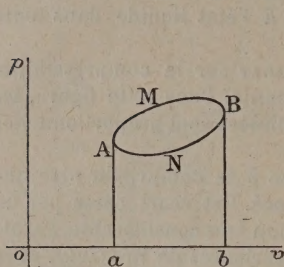


Fig. 53. — Cycle fermé.

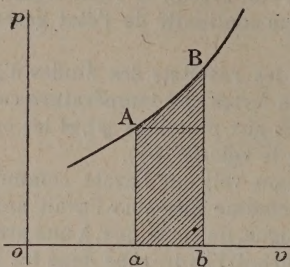


Fig. 54. — Graphique du travail,

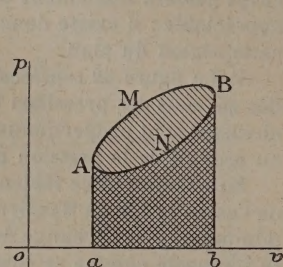


Fig. 55. — Représentation géométrique de travail dans le cas d'un cycle fermé.

rement réversible et par conséquent le rendement du moteur thermique qui l'aura décrit sera maximum.

5) Pour montrer comment on interprète un cycle, nous allons donner deux exemples de cycles décrits par l'air de deux machines à air chaud.

a) Dans la machine de ROBERT STIRLING (1816), à laquelle correspond le cycle de la figure 57, il y a deux transformations à volume constant. Supposons d'abord l'air à une pression et à une température élevées; soit A la position du point représentatif. Dans la première phase, l'air se détend à température constante Θ_1 en poussant un piston P .

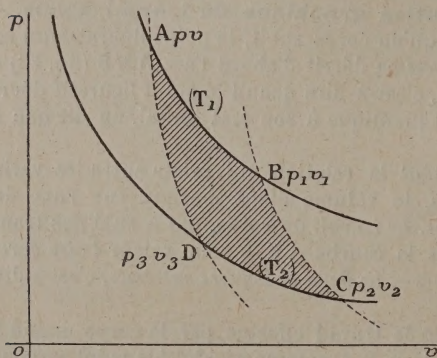


Fig. 56. — Cycle de CARNOT.

Le point figuratif décrit le tronçon d'isotherme AB , la machine fournit du travail et le foyer fournit de la chaleur pour maintenir constante la température de l'air; Dans la deuxième phase, l'air déplacé par un piston auxiliaire P' imperméable à la chaleur, traverse un volume constant, le régénérateur de chaleur et s'y refroidit jusqu'à atteindre une certaine température Θ_2 : le point figuratif décrit la parallèle BC à l'axe des pressions: la machine ne fournit pas de travail. Dans la troisième phase, l'air est comprimé, à la température constante Θ_2 par le piston P qui revient en arrière: le point figuratif décrit le tronçon d'isotherme CD , la machine

consomme du travail et une source froide reçoit de la chaleur en maintenant l'air à la température basse Θ_2 . Dans la quatrième phase, l'air déplacé par le piston auxiliaire P' qui revient en arrière, traverse à volume constant les régénérateurs de chaleur et s'y réchauffe jusqu'à atteindre la température primitive Θ_1 ; le point figuratif décrit la parallèle DA à l'axe des pressions: la machine ne fournit pas de travail. Tout est ainsi revenu à l'état initial.

b) Dans le cycle de la figure 58 correspondant à la machine d'ERICSSON (1872-1856), il y a des transformations à pression constante. L'analyse de cette figure se rapprochant de l'analyse du cycle précédent, nous trouvons qu'il est inutile de la faire.

6) GIBBS a préconisé l'introduction en thermodynamique d'un diagramme différent du diagramme classique de CLAPEYRON, et que, depuis quelques années, certains ingé-

nieurs emploient couramment dans l'étude des machines thermiques. Ce diagramme consiste à prendre pour variables, non plus le volume spécifique v et la pression p , mais l'entropie S (rapportée à l'unité de masse) et la température absolue T .

On a pour la chaleur, dans le système aux variables ST , la représentation graphique qu'on avait pour le travail dans le diagramme de Clapeyron.

BRUNHES (B) (1901) a montré l'intérêt que présente le diagramme entropique, aussi bien en physique appliquée qu'en physique pure.

Pour un corps bien déterminé et bien étudié, gaz parfait, gaz réel, mélange de liquide et de vapeur il n'est pas toujours facile, mais il est toujours possible de passer des variables (v, p) aux variables (S, T) .

BRUNHES a étudié les propriétés essentielles du diagramme (S, T) et ensuite il en a montré l'application aux moteurs à gaz.

Le mode de représentation géométrique de WILLARD GIBBS est plus rationnel que

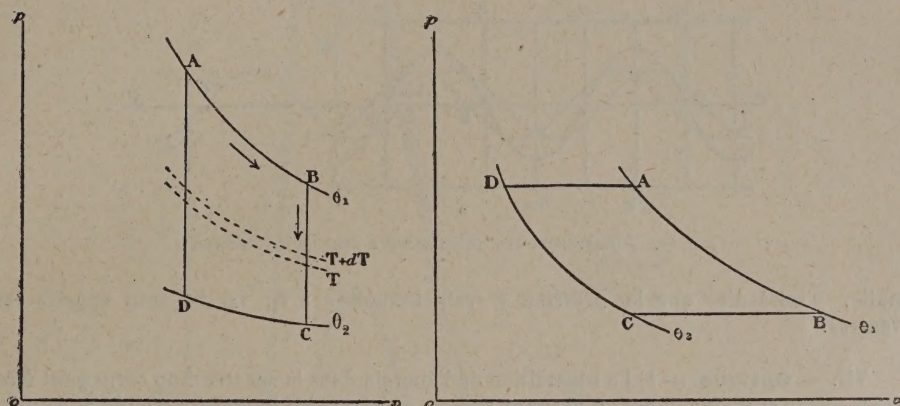


FIG. 57 et 58. — Cycles de deux machines à air chaud.

celui qu'a imaginé CLAPEYRON. Il permet, en quelque sorte, de peindre aux yeux les lois de la thermodynamique, et les conditions qu'elles imposent aux diverses transformations de la matière.

Toutes les lignes tracées sur une surface thermodynamique de GIBBS représentent un changement réversible. On distingue des *surfaces primitives*, *surfaces physiques*, *surfaces chimiques*, *lignes d'isodissociation* ou *lignes isochimiques*.

7) SAUSSURE, dans ses travaux sur la *thermodynamique graphique* (1895), a fait des essais de transformations thermodynamiques en choisissant les coordonnées de façon que le plus grand nombre possible des éléments variables qui accompagnent ces transformations, tels que les coefficients de dilatation sous pression constante et sous volume constant, soient représentés graphiquement par des grandeurs géométriques, ne dépendant que de la forme et de la position du cycle de transformation rapporté à ces coordonnées.

Dans le système de représentation qu'il a adopté, et que nous ne pouvons pas exposer ici, comme la plupart des éléments variables qui accompagnent toute transformation ont une signification géométrique, il en résulte une simplification dans la démonstration de quelques théorèmes thermodynamiques.

VI. — **Acoustique.** — On représente graphiquement la distribution des pressions, à un instant déterminé, dans un tuyau d'orgue, en prenant comme axe des abscisses la longueur du tuyau et en portant de chaque côté de cet axe x y , sur l'ordonnée, la différence entre la pression dans la tranche correspondante et sa valeur moyenne, différence qu'on appelle élongation. On trace, pour un même instant, le système des ondes incidentes et celui des ondes réfléchies. La somme algébrique des ordonnées de ces courbes,

qui correspondent à un même point de l'axe, donnera l'élongation réelle en ce point, à l'instant considéré.

La figure 59 représente la forme des ondes sonores dans un tuyau fermé. La sinusoïde S représente les ondes incidentes, et S_1 , cette courbe prolongée au delà du fond M . Les ondes réfléchies sont de même nature que les ondes incidentes dont elles proviennent et s'obtiendront, par conséquent, en prenant le symétrique de la partie S_1 dans le plan M . On voit alors que, dans les tranches $n, n_1, n_2, \dots$, les élongations composantes sont toujours égales et de même signe et s'ajoutent. Ces tranches sont fixes, leur distance mutuelle est d'une demi-longueur d'onde et la pression y subit des variations périodiques dont l'amplitude est le double de celle des ondes incidentes. Ces tranches constituent les nœuds.

Au contraire, dans les tranches $v_1, v_2, v_3, \dots$, qui sont à égale distance des nœuds, les élongations sont toujours égales et de signe contraire. Leur résultante est toujours

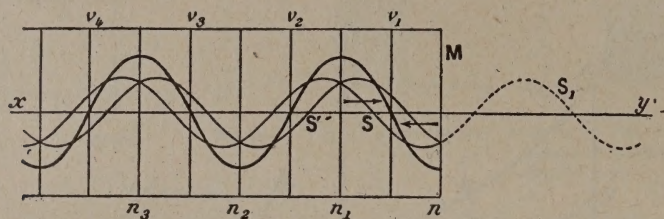


FIG. 59. — Diagramme des ondes sonores dans un tuyau fermé.

nulle, c'est-à-dire que la pression y reste immobile : v_1, v_2, v_3 , sont appelés les ventres.

VII. — **Optique.** — 1) La répartition de l'énergie dans le spectre d'un corps peut être représentée graphiquement en prenant comme abscisses les longueurs d'onde et comme ordonnées l'énergie mesurée à l'aide d'un bolomètre. C'est ainsi que LUMMER (fig. 60) a représenté la répartition de l'énergie dans le spectre d'un corps noir. En faisant la détermination de l'énergie, le corps noir étant porté à différentes températures, LUMMER a tracé les différentes courbes superposées de cette figure.

2) La figure 61, empruntée à RYDBERG, montre les rapports qui existent entre les valeurs de certains éléments du spectre émis par un corps et sa masse atomique. Les premières valeurs sont prises sur l'axe des ordonnées; les secondes, sur l'axe des abscisses.

Voici un passage extrait du travail de RYDBERG, qui fera comprendre l'importance de ce graphique :

« On sait que quand la valeur et la masse atomique augmentent, les spectres deviennent de plus en plus compliqués, mais l'expérience a montré jusqu'ici qu'à chaque raie au moins d'un spectre plus simple correspond toujours une raie au moins d'un spectre plus compliqué. De sorte qu'on peut dire en général que *le nombre d'ondes qui correspond à une forme de vibration quelconque est une fonction périodique de la masse atomique de l'élément.*

« On peut donc former autant de fonctions périodiques qu'il y a de modes de vibration différents dans un spectre quelconque et en outre toutes les constantes des équations varient périodiquement. Comme ces fonctions suivent à peu près la même marche, il est toujours possible d'interpoler, avec une certaine approximation, la position d'une raie ou d'une série quelconque d'un élément, quand on connaît cette marche générale des fonctions. »

VIII. — **Solubilité.** — 1) La solubilité d'un sel à différentes températures peut être représentée graphiquement, comme l'a fait GAY-LUSSAC. Sur les abscisses (fig. 62), est marquée la température, et on prend sur les ordonnées des longueurs proportionnelles aux poids de sel dissous dans un même poids d'eau à différentes températures. On

détermine, en joignant les extrémités des ordonnées, la courbe de solubilité du sel considéré. Il n'est pas nécessaire, pour construire cette courbe, de connaître les quantités de sel dissoutes à toutes les températures; il suffit d'avoir un petit nombre de

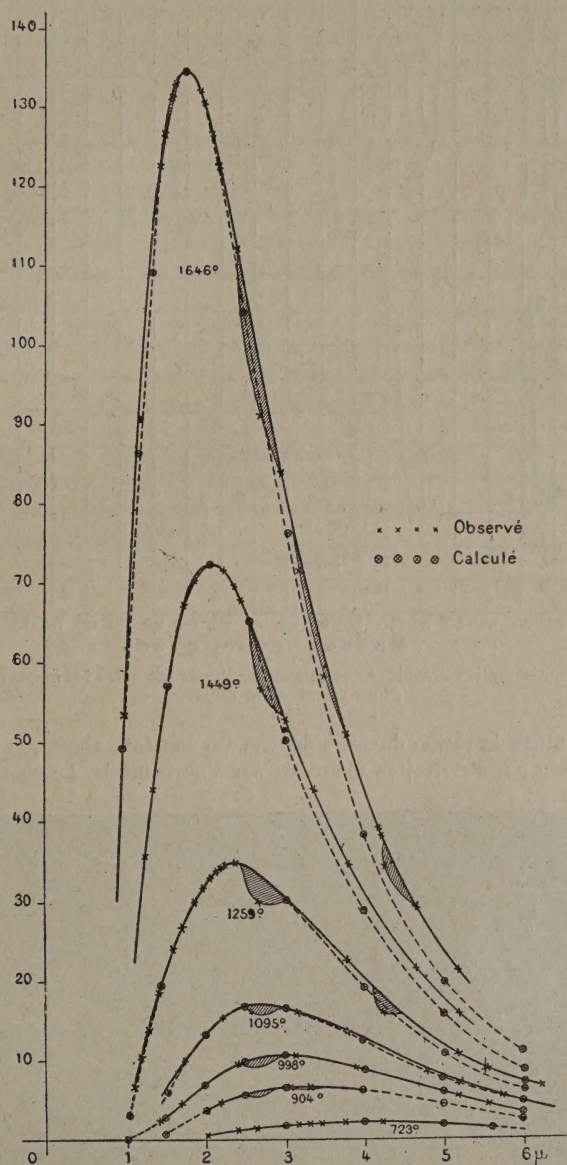


FIG. 60. — Répartition de l'énergie dans le spectre d'un corps noir porté à différentes températures.

déterminations directes convenablement espacées. La courbe, une fois construite, peut servir pour reconnaître la solubilité aux températures intermédiaires.

2) Au lieu de rechercher, comme GAY-LUSSAC, les quantités de sel dissous dans 100 grammes de dissolvant, on peut rechercher la quantité de sel anhydre contenu dans 100 grammes de dissolution saturée, c'est-à-dire le quotient $\frac{100 + \text{sel}}{\text{sel} + \text{dissolvant}}$ (ÉTARD); on a ainsi immédiatement la composition de la dissolution. On peut alors étudier la

solubilité d'un sel dans un intervalle de température beaucoup plus étendu, par exemple,

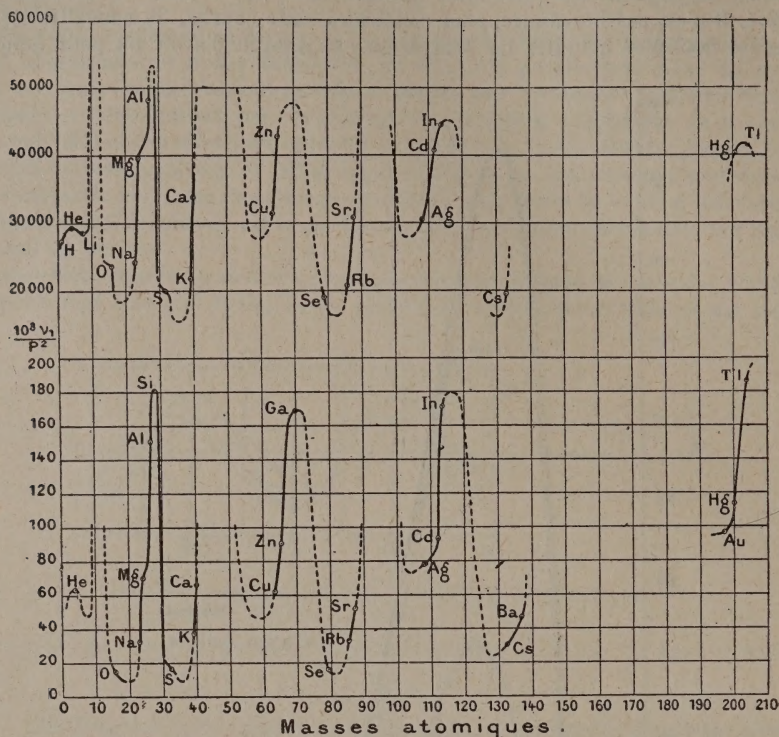


FIG. 61. — Représentation graphique des relations qui existent entre les masses atomiques et les spectres des corps.

jusqu'à la température de fusion du sel anhydre. On constate alors que la solubilité est toujours représentée par des droites inclinées sur l'horizontale. Le changement d'incli-

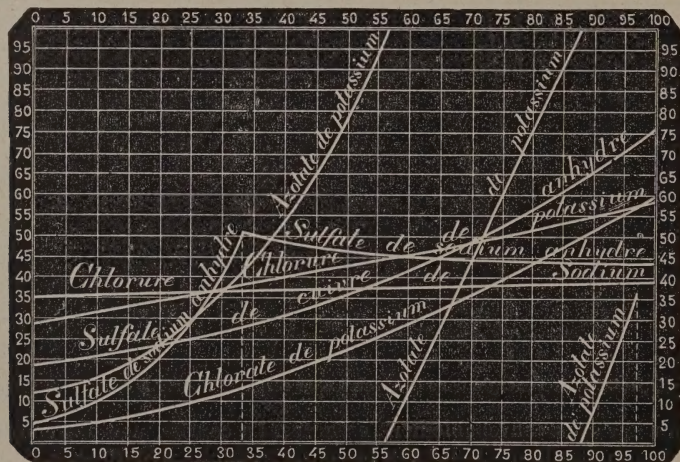


FIG. 62. — Courbes de solubilité de différents sels.

naison de la droite qui correspond à la solubilité d'un sel paraît correspondre à un changement dans le degré d'hydratation du sel dissous.

3) Parmi les travaux sur la solubilité des corps dans lesquels on trouve des représentations graphiques, nous citerons ceux de CHARPY (voir *Revue gén. des Sciences*, 1893, p. 39) et de LE CHATELIER (*id.*, 1894, p. 36). Ce dernier a constaté qu'un corps a autant de courbes de solubilité distinctes qu'il peut présenter d'états différents. Ainsi, les différents hydrates d'un même sel, ses différents états chimiques ou physiques, n'ont pas, à la même température, la même solubilité. De même, deux états allotropiques d'un même corps, l'iodure jaune et l'iodure rouge de mercure, le nitre prismatique et le nitre rhomboédrique n'ont pas la même solubilité.

B. **Statistique, Industrie, Finances, etc.** — 1) La statistique graphique a pris, de nos jours, un très grand développement. Des exemples de son application se trouvent partout. On trouve dans *La Méthode graphique* de MAREY un exemple très ancien, le tableau construit par PLAYFAIR (1789) pour représenter les accroissements successifs de la dette d'Angleterre. Dans ce tableau les abscisses représentent le temps et les ordonnées les valeurs de la dette.

2) Voici la liste de quelques travaux où l'on trouve d'intéressantes applications de la méthode graphique à l'industrie, au commerce, à l'agriculture, etc. :

- Les cartes agronomiques de A. HÉBERT (*Revue gén. des Sc.*, 1893, 286).
- Les produits végétaux du Congo français (LECONTE, *ibid.*, 1894, 803).
- Culture de l'orge de brasserie et du houblon (A. LARBALÉTRIER, *ibid.*, 1895, 965).
- État actuel de la vinification en France (L. ROOS, *ibid.*, 1895, 798).
- La vinification en Algérie et en Tunisie (J. DUGAST, *ibid.*, 1895, 140).
 1. Courbe de la richesse saccharienne du jus;
 2. Courbe de l'acidité;
 3. Courbe de la température pendant la fermentation.
- État actuel de la sucrerie en France (L. LINDET, *ibid.*, 1895, 224). Avec les autres courbes suivantes :
 1. Prix d'achat de la betterave en fonction du sucre;
 2. Épuration du jus;
 3. Extraction du jus;
 4. Évaporation du jus et cuisson du sirop;
 5. Prix de la main-d'œuvre en fonction du sucre extrait;
 6. Carte;
 7. Tableau représentatif des productions françaises, indigènes, coloniales et étrangères.
- Influence de la température sur le rendement et la richesse en sucre de la betterave (*Revue gén. des Sc.*, 1896, 638).
- Tableaux des alcools (*ibid.*, 802).
- L'industrie française des pêches maritimes (ROCHÉ, *ibid.*, 1895, 109). On y trouve des courbes et des colonnes scalaires.
- L'industrie des suifs commerciabiles et industriels (F. et J. JEAN, *ibid.*, 1895, 421, etc.).
- L'avenir géologique de l'or et de l'argent (L. DE LAUNAY, *Revue gén. des Sc.*, 1895, 369).
- Industrie des chaux hydrauliques et des ciments en France (CANDLOT, *ibid.*, 331-332).
- État actuel du travail du fer et de l'acier (E. DEMENGE, *ibid.*, 885, 931). Avec de nombreux diagrammes, par exemple un diagramme montrant la marche de la température pendant l'opération du recuit.
- Nouvelles recherches sur la métallurgie du bismuth (ED. MATHEY, *Soc. Roy. de Londres et Rev. gén. des Sc.*, 1893, 90).
- Variation de la superficie cultivée en plantes oléagineuses herbacées de 1840-95. Courbes des graines oléagineuses (*Rev. gén. des Sc.*, 1897, 425, etc.).
- Commerce du cacao depuis 1850 (*ibid.*, 472).
- Population porcine des principaux États (*ibid.*, 619).
- Parfumerie (*ibid.*, p. 660).
- Industrie de l'ivoire (*ibid.*, p. 822).

- Industrie du fer et de l'acier (*ibid.*, 1898, 293).
- Industrie de la soie (*ibid.*, 573).
- Le commerce de la Grèce (*ibid.*, 903).
- Le commerce de la Turquie (*ibid.*, 941).
- L'olivier en France (*ibid.*, 682).
- La pomme de terre (*ibid.*, 27).
- Tonnage des voies navigables (*ibid.*, 1896, 823).
- Tonnage des chemins de fer (*ibid.*, 825).
- Notes statistiques sur la Tunisie (*ibid.*, 1209).
- Carte de la population et des races en Tunisie (*ibid.*, 975, etc.).
- Disposition de la marche dans la brousse du Soudan et Dahomey (*ibid.*, 1897, 895).
- Courbes des débits des filtres. Influence de la façon dont se fait le nettoyage (*ibid.*, 1891, 400).

3) La méthode graphique vient de recevoir une nouvelle application, assez ingénieuse, dans un ouvrage de P. AYNÉ (1904) traitant des opérations financières. — Cet auteur montre que la méthode graphique peut rendre de grands services aux financiers dans la direction des échelles de primes, sur lesquelles les méthodes numériques ne donnent pas d'indications générales.

Les constructions graphiques mettent en évidence, d'une façon générale : les limites au delà desquelles l'opération cesse d'être avantageuse; les conditions les plus favorables pour l'entreprendre; le maximum de gain qu'on peut espérer; l'étendue des risques auxquels on s'expose. Elles renseignent, en outre, exactement le financier sur sa position à chaque variation de cours et sur les opérations qui lui restent à faire pour se liquider.

L'exposé des conventions, très simples, représentant les opérations fondamentales des marchés à terme ferme et des marchés à prime, a été fait par P. AYNÉ dans un article intitulé : *Nouvelles applications des méthodes graphiques à l'étude des opérations financières* (*Revue générale des Sciences*, 1904, p. 733-740).

4) BABINET (*Rev. gén. des Sc.*, 1894, 491) a construit le graphique des rivières torrentielles et des rivières tranquilles en prenant sur l'axe des ordonnées la hauteur du niveau de l'eau lue à une certaine heure sur une règle verticale plongée dans l'eau; et en marquant sur l'axe des abscisses les jours. On obtient ainsi des diagrammes représentant des crues d'eau.

5) On a représenté graphiquement les erreurs faites par un tireur envoyant des balles dans un cible, en représentant sur l'axe des abscisses les écarts, et, en construisant, sur chaque fragment fini de l'abscisse comme base, un rectangle dont l'aire est égale au nombre des écarts positifs observés dans les limites de la base. (Voir VIOLLE, *Physique*, I, p. 7 et 10).

C. Physiologie. — I. Une des variables est le temps. — Les représentations graphiques des variations d'un phénomène physiologique en fonction du temps sont d'un emploi courant en physiologie et en clinique. Rappelons seulement les courbes des variations diurnes de la température, de la fréquence des pulsations, du nombre des mouvements respiratoires, du poids, de la quantité d'urine éliminée, etc.

Voici quelques exemples de ce genre des courbes :

1) La figure 63 représente, d'après CHARLES RICHET, l'influence de l'alimentation sur les échanges. Sur l'axe des abscisses se trouvent marquées les heures; sur l'axe des ordonnées sont marquées, en chiffres absolus, par heure, d'abord la ventilation, en litres (350, 400 litres, etc.), puis la quantité d'acide carbonique produit en litres (13, 14 litres, etc.), enfin la quantité d'oxygène absorbé (15 litres, etc.). La courbe en trait plein représente les variations de l'acide carbonique; la courbe en tirets représente les variations de la ventilation; enfin la courbe en tirets et points représente les variations des quantités d'oxygène absorbé.

2) La figure 64, empruntée à WALLER (*Traité de Physiologie*), représente, d'après BIDDER et SCHMIDT, la diminution de poids et l'excrétion journalière d'un chat en inanition. L'unité de l'échelle linéaire n'est pas la même pour toutes les courbes; celle

qui correspond à la courbe des variations du poids est beaucoup plus petite que celle

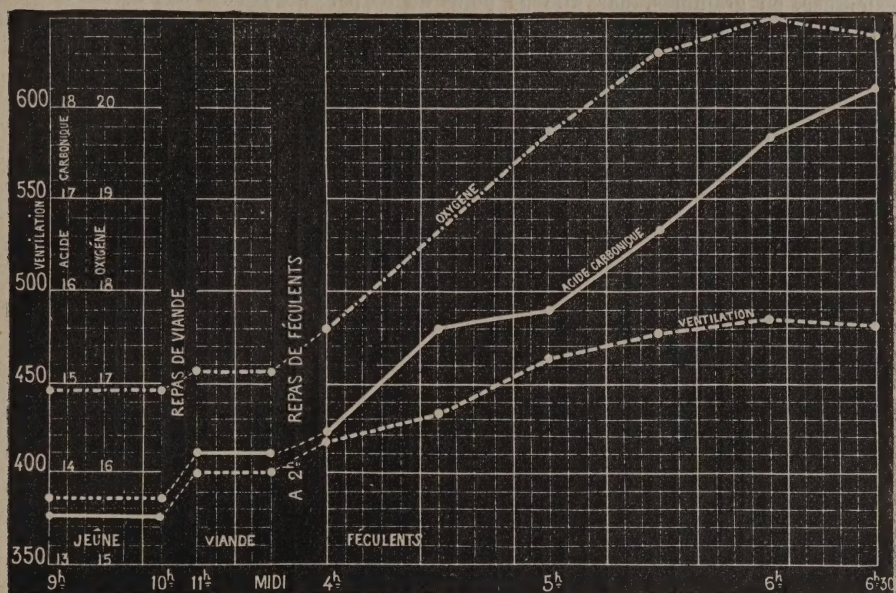


FIG. 63. — Variations des échanges respiratoires (suivant l'alimentation).

qui correspond aux courbes des variations de l'urée et du carbone. — Remarquons encore que les courbes de cette figure, au lieu d'être représentées par un trait continu,

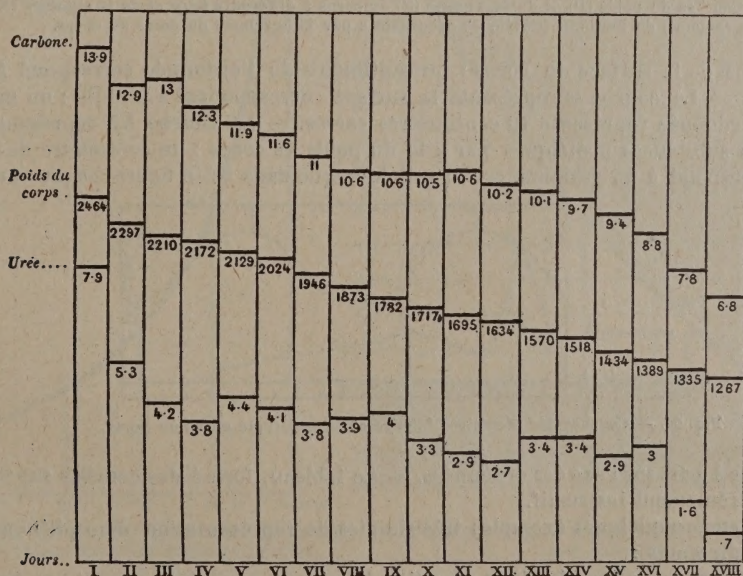


FIG. 64. — Variations de la diminution de poids et de l'excrétion journalière d'un chat en inanition.

sont en gradins. Les chiffres donnés par les observations sont représentés par un trait. Les valeurs des ordonnées sont marquées à côté de chaque trait.

3) La figure 63, empruntée, comme la précédente, au livre de WALLER, représente le

poids et la surface du corps à différents âges et les quantités nécessaires d'éléments protéiques, en grammes, par kilo de poids du corps. — Sur l'axe des abscisses sont marquées les années (de 1 à 30 ans). La courbe *PP* représente les variations du poids du corps : un millimètre de l'ordonnée correspond à un kilo. — La courbe *SS* représent

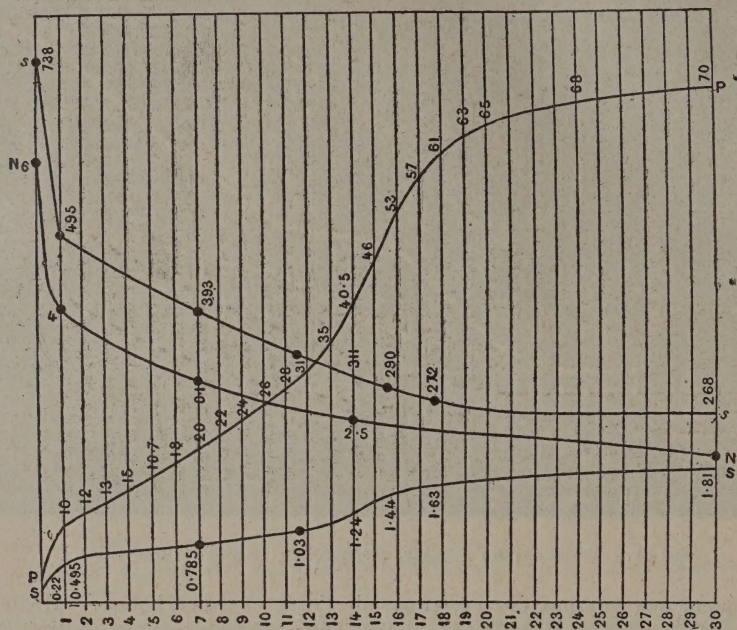


Fig. 65. — Courbes du poids (P) et de la surface (S) du corps à différents âges et de la quantité (N) (en grammes) de matières protéiques nécessaires par kilogramme de poids du corps.

les variations de la surface du corps : un centimètre de l'ordonnée correspond à un mètre carré. — La courbe *ss* représente la surface correspondant à un kilo : un millimètre de l'ordonnée représente 10 centimètres carrés. — La courbe *NN* représente la quantité des substances protéiques par kilo du poids du corps : un centimètre de l'ordonnée correspond à un gramme. — On voit donc que dans cette figure chaque courbe

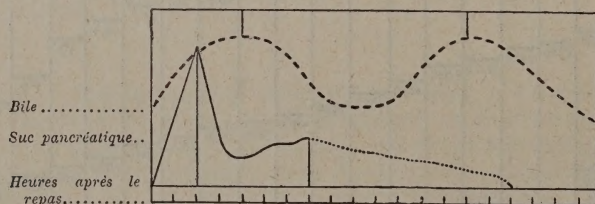


Fig. 66. — Courbes des sécrétions biliaire et pancréatique après un repas.

a une échelle à part sur l'axe des ordonnées. — Ce tableau, formé des courbes superposées, est extrêmement instructif.

4) Voici encore quelques exemples très simples de représentation d'un phénomène en fonction du temps :

La fig. 66 montre la marche de la sécrétion biliaire et pancréatique après un repas.

La fig. 67 représente, d'après GRÜTZNER, l'activité peptique de la muqueuse gastrique cardiaque après un repas.

La fig. 68 représente l'éloignement progressif, avec l'âge, du punctum proximum. Les ordonnées de cette courbe représentent en centimètres la distance du punctum proximum de l'œil.

La fig. 69 représente, d'après DONDERS, la force d'accommodation aux différents âges. — La force d'accommodation, exprimée en dioptries, se trouve marquée sur l'axe des ordonnées; l'axe des abscisses correspond aux différents âges. La surface blanche,

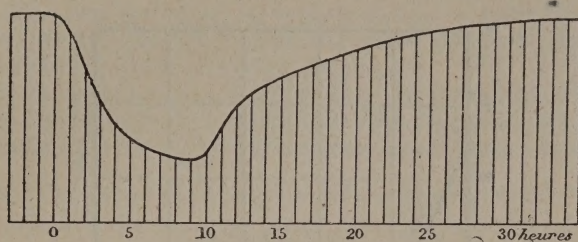


FIG. 67. — Courbe de l'activité peptique de la muqueuse gastrique après un repas.

comprise entre les deux surfaces couvertes des hachures, montre immédiatement les variations de la force d'accommodation.

5) La figure 70, empruntée à WALLER, représente la variation de la durée des systoles et des diastoles avec différentes fréquences des pulsations. — Dans ce tableau, le temps,

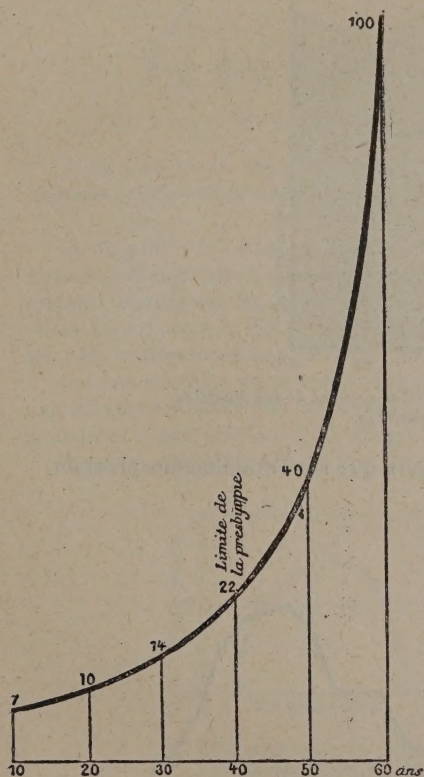


FIG. 68. — Courbe de l'éloignement, progressif avec l'âge, du *punctum proximum* de l'œil.

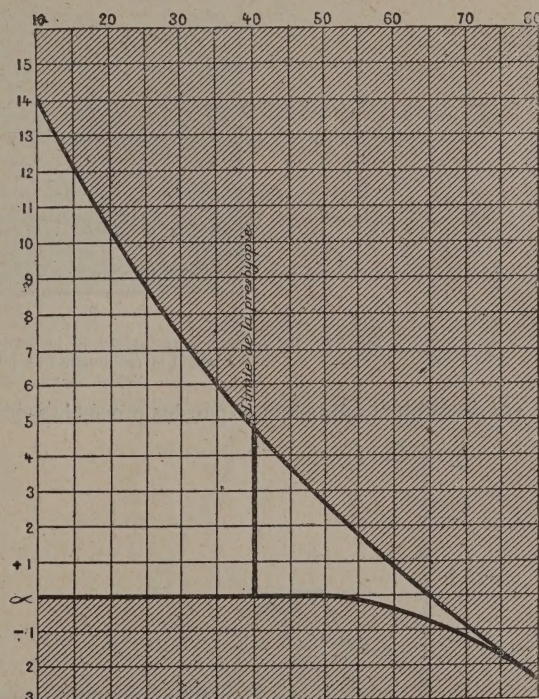


FIG. 69. — Diagramme de la force d'accommodation aux différents âges.

au lieu d'être marqué sur l'axe des abscisses, est marqué, en centièmes de seconde, sur l'axe des ordonnées. — La fréquence du pouls par minute est indiquée par les chiffres placés au-dessous de l'abscisse. — La durée des systoles et des diastoles est donnée en centièmes de seconde. Leurs courbes respectives montrent que la systole se raccourcit de 0'',02 pour chaque dix battements en plus et que la diastole se raccourcit de

0'',4. La partie blanche de ce tableau représente les variations correspondantes du temps de repos; la partie hachurée, les variations du temps de travail.

Ce tableau graphique a été construit d'après les mensurations faites sur des gra-

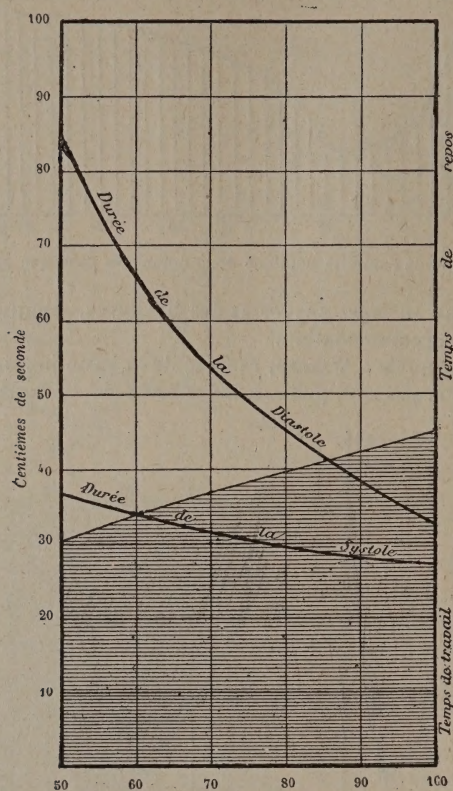


Fig. 70. — Courbes des variations de la durée des systoles et des diastoles selon la fréquence des pulsations.

phiques obtenus directement par des procédés spéciaux que nous examinerons plus loin.

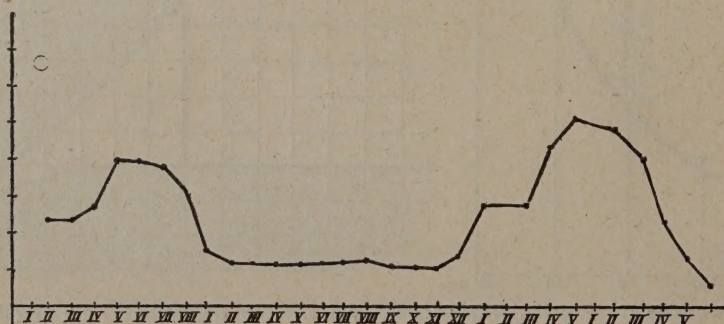


Fig. 71. — Courbe de la quantité de substance grise contenue dans différentes parties de la moelle.

II. Relations entre des variables quelconques. — 1) Une relation anatomique peut être représentée graphiquement par une courbe. En voici un exemple :

La fig. 71 représente la quantité de substance grise contenue dans différentes parties de la moelle. — Dans cette figure, sur l'axe des abscisses se trouvent marquées les racines

médullaires, sur l'axe des ordonnées, la quantité de substance grise (figure empruntée à LANGENDORFF).

On peut de même représenter par une courbe la relation qui existe entre le poids du corps et le poids du foie. — Il suffirait pour cela de prendre sur l'axe des abscisses le poids du corps, et sur l'axe des ordonnées le poids du foie. — Au lieu du poids, on pourrait prendre sur l'axe des abscisses la surface du corps : on aurait ainsi la relation qui existe entre le volume du foie et la surface cutanée, etc.

2) L'influence de la charge sur le travail d'un muscle se trouve représentée à la fig. 72. Sur l'axe des abscisses on a marqué les différents poids soulevés par le muscle; sur l'axe des ordonnées se trouvent marquées des longueurs proportionnelles au travail.

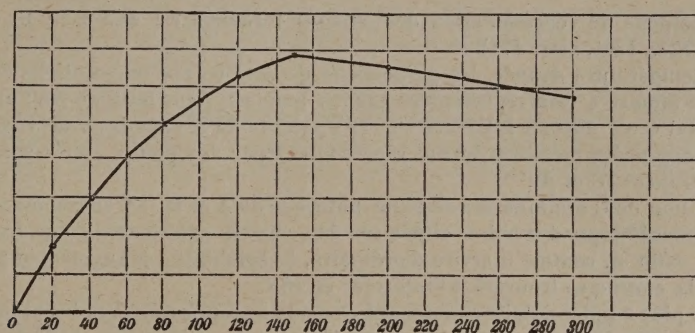


FIG. 72. — Courbe des variations du travail d'un muscle qui soulève des charges variables.

3) De nombreux exemples d'applications de la méthode graphique à l'étude des phénomènes de la vie se trouvent dans tous les travaux récents des physiologistes.

D. Chimie. — 1) GIBBS a imaginé de représenter graphiquement, à l'aide de coordonnées triangulaires, divers mélanges. — Pour cela il portait sur les trois côtés d'un triangle équilatéral les proportions de trois corps en présence et il déterminait à l'intérieur du triangle le point représentatif du mélange. Tous les points de la surface du triangle représentent des mélanges possibles.

Comme exemple de ce mode de représentation, nous donnerons un diagramme relatif aux alliages ternaires (fig. 74). Avant d'expliquer ce diagramme, il est bon de comprendre d'abord la représentation d'un alliage binaire liquide (fig. 73).

Dans un semblable alliage (fig. 73), chaque métal dissout une certaine proportion de

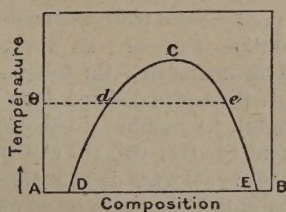


FIG. 73. — Représentation graphique d'un alliage binaire liquide.

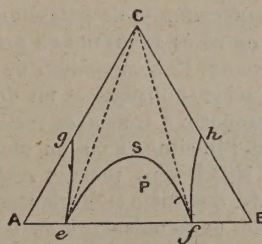


FIG. 74. — Représentation graphique d'un alliage ternaire.

l'autre jusqu'à saturation ; on a ainsi, en général, deux solutions conjuguées qui peuvent être mélangées mécaniquement sous forme d'émulsion, ou séparées en deux couches par ordre de densité. — La courbe tracée à l'intérieur du diagramme indique que la solubilité de chaque métal dans l'autre est une fonction de la température. Les métaux mélangés sont A et B. Les ordonnées de la courbe représentent les températures ; les abscisses, les proportions du métal B présentes dans chaque solution. — A la température Θ , par exemple, les deux solutions contiendront Θd pour 100, et Θe pour 100 du métal B. —

Aux températures plus élevées, la solubilité de chaque métal dans l'autre augmente, jusqu'à ce que, en C, les métaux s'unissent pour former une seule solution.

Cette figure montre qu'un alliage peut être représenté, au point de vue de la composition chimique et de la température, par un point quelconque pris dans le plan du diagramme. Si ce point est à l'intérieur de la courbe DCE, deux solutions conjuguées se forment; mais, s'il lui est extérieur, il ne peut exister qu'une seule solution. Pour cette raison, DCE se nomme *courbe critique*.

Dans le cas des alliages ternaires, trois solutions séparées peuvent se produire. Ceci peut être représenté au moyen d'un triangle équilatéral (fig. 74) dans lequel les distances d'un point P aux trois côtés du triangle représentent les proportions des trois métaux présents.

Cette méthode de représentation des alliages ternaires est due à Sir G. G. STOKES (*Proc. Roy. Soc.*, 1891, XLIX, 174).

A une température donnée, les proportions de A et B dans les solutions conjuguées d'un alliage binaire seront représentées par les points *e*, *f* sur la ligne AB; et si l'addition du métal C n'a aucune influence sur la solubilité de A dans B ou de B dans A, les solutions conjuguées possibles seront représentées par des points situés sur les deux droites pointillées *eC* et *fC*.

Si l'addition de C diminue la solubilité naturelle de A et B, les solutions conjuguées seront représentées par des points situés sur des courbes extérieures à ces droites, telle que *eg*, *fh*; enfin si, comme il arrive d'ordinaire, la solubilité est augmentée par l'addition de C, la courbe se trouvera à l'intérieur en *eSF*.

Pour de plus amples détails concernant ce mode de représentation des alliages, nous renvoyons au travail de ROBERTS-AUSTEN et STANSFIELD, publié dans le T. I du *Congrès de Physique* de 1900, p. 363.

2) VAN'T HOFF a représenté graphiquement les transformations subies par le fer carburé aux températures descendantes.

Sur l'abscisse d'un système de coordonnées rectangulaires il a porté la température, sur l'ordonnée, les quantités de carbone (fig. 75). A droite de *b a c* se trouve la région de la *martensite*, limitée par la formation de la *cémentite* en *ab*, de la *ferrite* en *ac*, de la *perlite* en *a*. Les flèches indiquent les transformations à température descendante.

3) VAN'T HOFF a pu représenter, par des constructions graphiques, les phénomènes les plus complexes qu'on rencontre dans l'étude de la cristallisation des dissolutions complexes de sels maritimes, à température constante.

La fig. 76, empruntée au travail de VAN'T HOFF (publié dans le t. I du *Congrès de Physique*, 1900), permet de se faire une idée du mode de représentation adopté par lui. Cette figure représente les résultats obtenus et la marche de la cristallisation qu'on peut réaliser à 25° en opérant dans une dissolution quelconque renfermant les sulfates et les chlorures de magnésium et de potassium.

Les quatre composés salins mis en présence se réduisent à trois, car trois analyses suffisent pour connaître la composition de la dissolution (à savoir : un dosage du chlore, un dosage de l'acide sulfurique et un dosage de la magnésie). On fait un diagramme dans l'espace rapporté à trois axes rectangulaires. On a pris d'abord deux axes rectangulaires, AC et BD, situés dans un plan horizontal. Le nombre de molécules de KCl, K_2SO_4 , $MgSO_4$, $MgCl_2$ sont portées respectivement sur OA, OB, OC et OD, en prenant comme unités des quantités équivalentes (K_2Cl^2 pour le chlorure de potassium). Enfin, sur un troisième axe, perpendiculaire en O aux deux autres, on porte le nombre total des molécules dissoutes. La fig. 76 reproduit une projection horizontale de ce diagramme, projection qui possède à peu près les mêmes avantages que le diagramme lui-même. Cette figure représente la marche qualitative et la marche quantitative de la cristallisation.

En effet les quatre points E, G, J et K sont les limites des régions correspondant à la présence de deux sels : ce sont les points de départ des courbes qui figurent la variation de composition de la dissolution pendant l'évaporation. Ces courbes EMNPQR, GN PQR, IR, KR aboutissent toutes au point R. Ce point R représente l'état de la dissolution finale, déposant par évaporation le chlorure de magnésium, le carnallite et le sulfate de magnésium à 6 molécules d'eau.

Considérons, par exemple, une dissolution non saturée quelconque : le point représentatif s'éloignera du point O, puis pénétrera dans une des régions que détermine la construction graphique, et qu'on trouve immédiatement sur le diagramme : ce sera celle du sulfate de potassium. Ce sel se séparera : le point représentatif se déplacera vers la région opposée à B, qui correspond à la saturation par le sulfate de potassium. Si l'on rencontre la ligne FM, on la traversera ; la schœnite se déposera, et c'est elle maintenant qui déterminera la direction ultérieure du déplacement. Si l'on tombe sur EM, on suivra cette courbe jusqu'en R, et tout ce qui passera ensuite est prévu.

VAN'T HOFF a vérifié l'exactitude de ces prévisions, en pesant directement les dépôts obtenus par l'évaporation.

4) Bien des notions chimiques sont exprimées par des constructions graphiques. Ainsi RAMSAY s'en est aidé dans ses recherches sur la détermination des poids moléculaires (*Revue gén. des Sc.*, 1894, 186).

La loi périodique des poids atomiques a été représentée graphiquement par REYNOLDS. Les poids atomiques des éléments étant portés en ordonnées, et leurs atomicités en abscisses, il a obtenu une ligne brisée, dont il n'a pas pu déterminer l'équation.

HAUGHTON, en 1889, a vu que les éléments, rangés par ordre de poids atomiques crois-

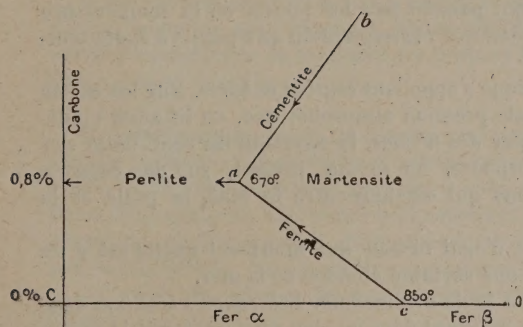


Fig. 75. — Représentation graphique des transformations subies par le fer carburé.

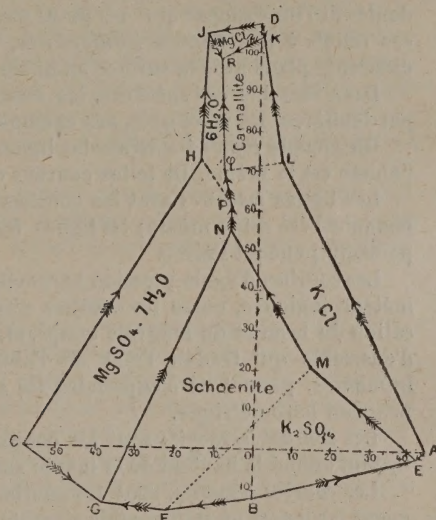


Fig. 76. — Représentation graphique de la cristallisation d'une dissolution de sels.

sants, se classent en groupes ayant chacun 7 éléments. Les membres correspondants des différents groupes présentent des propriétés analogues. La périodicité s'accuse quand on prend les périodes de deux en deux, constituant ainsi des doubles périodes ayant chacune 14 éléments. Les 14 points représentatifs de ces éléments déterminent une courbe du 4^e degré, une courbe quartique, et une seule.

HAUGHTON a calculé les équations de ces courbes, et a observé que :

1^o Les quartiques qui représentent les doubles périodes successives sont toutes de la même classe. Elles possèdent deux asymptotes réelles et deux asymptotes imaginaires ;

2^o Les quartiques successives sont liées entre elles par des lois de variations des paramètres qui permettent de tracer la courbe complète dans le cas où l'on ne connaît pas les 14 éléments.

La loi périodique se trouve ainsi représentée par une série de courbes définies algébriquement, sur lesquelles viennent se placer exactement les points représentatifs des éléments.

Si l'on se rappelle l'hypothèse d'une substance unique appelée *protyle* par CROOKES,

il en résulterait vraisemblablement que chacune des courbes de HAUGHTON correspond à une phase distincte dans la condensation du protyle.

RAMSAY a employé aussi des constructions graphiques dans ses recherches sur la détermination des poids moléculaires (Voir *Revue gén. des Sc.*, 1894, p. 186).

§ III. — Courbes d'égal élément. — Cartogrammes.

A. **Courbes d'égal élément.** — 1) Toute la physique du globe peut se traduire par des courbes d'égal élément ou courbes *isoplèthes*. Ces courbes sont l'analogue des courbes de niveau. Cette généralisation des courbes de niveau se comprend facilement. En effet, que ce soit la hauteur du sol, la pression de l'air, la température ou l'intensité du magnétisme qu'on veuille exprimer, on peut toujours imaginer que la valeur en soit représentée par la hauteur d'une verticale s'élevant au point d'observation. Si l'on multiplie suffisamment ces ordonnées verticales, afin qu'elles soient très rapprochées les unes des autres, leurs sommets, de hauteurs inégales, constitueront par leur ensemble une surface plus ou moins irrégulière, c'est-à-dire à reliefs variés comme ceux d'un sol accidenté. Si l'on suppose que des plans parallèles entre eux, et équidistants, coupent tous ces reliefs à des hauteurs différentes, il se produira, au point d'intersection de ces différents plans avec la surface onduleuse, des courbes d'égal niveau.

Dans certains cas spéciaux, les courbes d'égal élément ont reçu des dénominations particulières. En voici quelques exemples :

On appelle *lignes isothermes* les lignes qui passent par les points où la température de l'année est la même. De telles courbes ont été tracées par HUMBOLDT.

Les lignes *isothermes* sont les courbes qui passent par les points où la température pendant l'été est la même; les lignes *isochimènes* correspondent aux points d'égal température pendant l'hiver.

Les courbes d'égal pression barométrique s'appellent *courbes isobares*. Sur les cartes météorologiques, outre les courbes d'égal pression atmosphérique, on lit aussi l'indication du beau et du mauvais temps, et, par des flèches, la direction du vent. Cette vue d'ensemble qui traduit l'état de l'atmosphère, au même instant, sur des espaces immenses, permet de comprendre les liens qui existent entre le vent, la pluie et la pression barométrique.

Les courbes *isorachies* sont les courbes d'égal niveau qui montrent quelle est à un instant donné la hauteur de la marée sur une certaine étendue de la mer.

Les courbes *isogones*, sont les courbes d'égal déclinaison. Les courbes *isoclines* désignent les lignes où une aiguille aimantée, oscillant dans un plan vertical, ferait le même angle avec l'horizon. L'ensemble de ces lignes constitue un système analogue à celui que forment entre eux les méridiens et les parallèles destinés à exprimer la longitude et la latitude de chaque lieu. C'est ainsi que sont constituées les cartes magnétiques qui ont une si grande importance pour l'étude scientifique du magnétisme terrestre.

On appelle *dygogramme* par contraction de *dynamo-gonio-gramme*, une construction géométrique qui permet de représenter les déviations et le champ à tous les caps.

2) L'emploi des courbes d'égal élément remonte à une date fort éloignée. Déjà au XVI^e siècle J. BASSANTIN a appliqué au calcul du mouvement des astres des courbes d'égal élément (Discours astronomique de JACQUES BASSANTIN, Écossais, Lion, chez Jan de Tovrnes, 1557, in-folio).

3) On peut généraliser davantage encore l'application des courbes d'égal niveau ou d'égal élément. — Au lieu de considérer comme variables la longitude, la latitude et une troisième variable quelconque, on peut prendre trois variables quelconques. Parmi ces grandeurs variables, deux sont les variables indépendantes et la troisième est exprimée par les courbes d'égal élément.

C'est LALANNE qui a conçu cette large application de ce genre de représentation graphique. Deux ans après avoir exposé l'ensemble de ses idées sur ce sujet à l'Académie des Sciences, en 1845, LALANNE présentait le projet d'une *statistique* figurée de la population d'une région entière.

VAUTHIER, en 1874, réalisa le concept de LALANNE (dont il semble avoir ignoré les publications), et dressa un plan de la population de Paris.

On trouve dans le livre de MAREY (*La méthode graphique*) des exemples de ce genre de représentation graphique empruntés à LALANNE.

Un des tableaux donnés par MAREY représente les courbes d'égale hauteur de la mer, à Brest, selon les heures et les jours. Un autre représente les variations de la température, selon les heures et les saisons ; ces deux dernières, étant considérées comme variables indépendantes, sont prises, les premières, les heures, sur les ordonnées, les secondes, les mois et l'année, sur les abscisses.

4) Les *diagrammes électriques* offrent une grande analogie avec les courbes d'égal niveau des cartes topographiques. Ces diagrammes, qui ont pour objet de représenter aussi complètement que possible toutes les particularités du champ électrique, sont construits au moyen de lignes de force et de surfaces équipotentiellles. Leur lecture est aisée, et leur emploi permet de résoudre graphiquement un grand nombre de problèmes d'électricité pratique. Pour donner à ces diagrammes toute la précision possible, il convient de faire partir du point électrisé un nombre de lignes de force proportionnel à la charge et de supposer celles-ci également réparties dans l'espace.

5) Les courbes d'*égal éclairage*, analogues aussi aux courbes d'égal niveau, s'obtiennent de la façon suivante. Sur un plan de la surface éclairée, on indique la position des sources lumineuses, et l'on trace autour de celles-ci des circonférences concentriques, représentant les lieux des points d'égal éclairage relatifs aux foyers considérés isolément. En additionnant, en un nombre de points suffisant, les cotes d'éclairage qui se rapportent aux diverses lampes, on trace les courbes d'égal éclairage relatives à l'ensemble des foyers.

6) On appelle *lignes isométriques* les lignes qui relient des molécules matérielles présentant le même état physique. Aussi les *lignes isothermes* d'un corps sont-elles les courbes isométriques de température propres à définir graphiquement l'état calorifique d'un corps en ses divers points.

B. Cartogrammes. — 1) Quand on veut représenter les variations d'un phénomène avec les localités, par exemple la mortalité dans différentes villes de France, on emploie un mode de représentation graphique spécial, appelé *cartogramme à cartouches* ou à *foyers diagraphiques*. Ces cartes sont obtenues de la façon suivante : sur une carte géographique, on dispose dans diverses localités des surfaces proportionnelles aux phénomènes considérés. La nécessité du groupement fixe le choix de la forme des surfaces.

Ce mode de représentation graphique est d'un usage courant en statistique graphique.

2) Quand on veut représenter les variations d'un phénomène le long d'une route, les cartogrammes, au lieu d'être à foyers distincts, sont à *bandes*. La largeur de la bande qui suit la direction de la voie considérée est proportionnelle à la valeur du phénomène considéré. — Ce mode de représentation a été imaginé par MINARD qui a fait des cartes figuratives de l'activité commerciale et des voies qu'elle suit de préférence. La largeur des bandes des cartogrammes représente dans ce cas, en milliers de tonnes, la quantité du produit transporté.

Comme exemple de cartogramme à bande, citons celui de l'itinéraire de l'armée française pendant la campagne de Russie, dressé par MINARD. Dans ce cas, la largeur représente le nombre d'hommes qui ont suivi les routes tracées sur la carte.

Ce graphique, bien connu de tous, se trouve dans le livre de MAREY.

§ IV. — Graphiques coloriés. — Teintes monochromes.

Pour rendre les graphiques plus *expressifs*, c'est à dire plus frappants d'aspect, on emploie des éléments étrangers au graphique.

Dans ce but, on emploie des *teintes monochromes* nuancées. Des divers ordres de pointillés sont employés, comme succédanés des couleurs différentes, pour distinguer l'une de l'autre des lignes d'ordres divers appartenant à la même figuration.

Les lignes et les couleurs suggèrent des idées qui ne découlent pas de la notion graphique pure.

On juge de l'intensité que présente, en divers points, un phénomène physique ou social, d'après la valeur des teintes plus ou moins foncées qui couvrent chaque région. C'est ainsi, par exemple, qu'on indique, dans les cartes géographiques, la distribution des roches, et qu'on fait des cartes agricoles montrant comment se répartissent les différentes cultures; on a des cartes pour la géographie médicale, montrant comment se répartissent les diverses maladies, etc.

Au lieu de couleurs on peut employer des grisés, obtenus par des combinaisons de hachures, parallèles ou croisées, et des points.

Les colorations graduées entrent dans le domaine de la géométrie. Il faut construire des échelles ou diapasons de teintes. L'indigence du moyen employé est un obstacle et une excuse. On a eu recours à un artifice, on a employé deux couleurs au lieu d'une seule, en appliquant chacune à deux phases diverses du phénomène à représenter. Chaque phénomène présente un opposé; c'est le positif et le négatif mis en opposition, le plus (+) et le moins (—) de l'algèbre. Par exemple : La perte et le gain; la dépense et la recette; le froid et le chaud; la profondeur au-dessous et la hauteur au-dessus du niveau de la mer, etc. Toutes ces choses impliquent une inversion de sens bien caractérisée.

Les *figurations colorées*, quels que soient leur mérite, leur valeur et leur utilité, ne peuvent s'appliquer strictement qu'à des circonscriptions territoriales. Chaque nuance est obligée de se renfermer étroitement dans l'une d'elles. Elles n'expriment qu'imparfaitement la répartition continue et graduelle d'un phénomène donné pour tout un territoire, indépendamment des circonscriptions qui le divisent.

On attribuait conventionnellement certaines valeurs déterminées soit à des grisés soit à des couleurs différentes pour représenter sur une carte l'intensité variable d'un phénomène. C'était là une période d'initiation rudimentaire. Il n'y avait aucune raison pour faire exprimer au rouge une valeur numérique supérieure au bleu, plutôt que de faire l'inverse, ou pour mettre le jaune au-dessus du vermillon au lieu de le placer au-dessous. C'était là des conventions incompréhensibles sans le secours incessant de la légende. Or, qu'est-ce qu'une langue qu'on ne peut lire sans avoir à chaque mot recours au glossaire?

Les cartes teintées ont fait beaucoup de progrès depuis. Aux teintes purement conventionnelles on a substitué des teintes nuancées d'intensité croissante, ou, quand on ne peut faire mieux, des grisés s'élevant graduellement du blanc au noir. L'œil voit donc quelque chose qui s'élève ou s'abaisse : une échelle de couleurs, c'est comme une série d'éléments linéaires superposés, la couleur employée d'une certaine manière devient une dimension. Mais, tandis qu'une droite se segmente à l'infini, la couleur ne comporte qu'un petit nombre de divisions (sept nuances distinctes pour l'œil). Donc il y a là une pauvreté de moyens.

On peut voir des exemples de cartes teintées dans l'Album de Statistique graphique du Ministère du Commerce.

Méthode graphique indirecte. — ARNOUX (G.). *Essais de psychologie et de métaphysique positives* (L'Algèbre graphique, in-8, Digne, 1890, 40 pages). — BERGHAUS. *Allgemeiner Anthropographischer Atlas. Eine Sammlung von vier Karten, welche die Grundlinien der auf das Menschen-Leben bezüglichen Erscheinungen nach geographischer Verbreitung und Vertheilung abbilden und versinnlichen*, 1852, Justus Perthes, Gotha. — BUFFETAU (Th.). *L'origine de la graphique et ses applications à la marche des trains du chemin de fer*, in-8, Paris, 1885, 60 pages. — CANDLOT. *Industrie des chaux hydrauliques et des ciments en France* (Rev. gén. des Sc., 1895, 331, 333). — CHEYSSON. *Rapport sur les méthodes de statistique graphique à l'Exposition universelle de 1878*, 14 pages. — CHEYSSON (E.). *Les cartogrammes à teintes graduées (système de classification rendant comparables les divers cartogrammes d'une même série)* (Nancy, 1887, in-8, 7 pages). — DEMENGE (E.). *État actuel du travail du fer et de l'acier* (Rev. gén. des Sc., 1895, 885, 931, etc.). — HATT. *Emploi des constructions graphiques pour la détermination rigoureuse des positions des signaux trigonométriques* (Annales hydrographiques, 1883, 1^{er} semestre). — JOANIN et VADAM. *D'un mode*

particulier de représentation graphique des phénomènes (Bull. génér., de thérap., 1900, CXL 2, 56-68, 7 fig.). — LEFÈVRE (J.). Évolution de la topographie thermique des homéothermes en fonction de la température et de la durée de la réfrigération (A. de P., 1898, 254-268). — MINARD. Des tableaux graphiques et des cartes figuratives, 1861, in-4, Paris, 7 pages; — *La Statistique*, Paris, 1869. — MAYR (G.). *Gutachten über die Anwendung der graphischen und geographischen Methode in der Statistik*, 1874, München, 28 pages. — PETERSEN (J.). *Die Theorie der regulären Graphs* (Acta Mathematica, 1891, XV). — PLAYFAIR (W.). *Tableaux d'arithmétique linéaire du commerce, des finances et de la dette nationale d'Angleterre*, trad. de l'anglais, Paris, 1789, chez Barrois. — SAINT-MARC (H.). *Les procédés graphiques d'analyse sociale à l'Exposition universelle* (Revue d'Économie politique, 1889). — VAUTHIER L.-L.). *Cartes statistiques en relief* (Exposition universelle de 1878, in-8, Paris, 24 pages; — *Quelques considérations élémentaires sur les constructions graphiques et leur emploi en statistique* (Journal de la Société de statistique de Paris, juin 1890). — VENN (J.). *On the diagrammatic and mechanical representation of Propositions and Reasoning* (Philosophical Magazine, 1880, (5), x, 1-18).

Statique graphique. — CULMANN (C.). *Die graphische Statik*, 1878, Zürich, 2^e édit., trad. franç. par Glasser, Jacquier et Valat, Paris, 1880. — CULMANN (C.) et RITTER (W.). *Anwendung der graphischen Statik*, Zurich, 1888-1890, 2 vol. — HAUSER et CUNQ (L.). *Statique graphique appliquée*, Paris, 1886. — KÄECHLIN (M.). *Application de la statique graphique*, Paris, 1889, 2 vol. — LEMAN (G.). *Leçons de statique graphique*, 1887, Gand, 2 vol. — LÉVY (MAURICE). *La statique graphique et ses applications aux constructions*, Paris, 1886-1887, 4 vol. et Atlas, 2^e éd. — MULLER-BRESLAU. *Éléments de statique graphique*, trad. franç. par Seyrig, Paris, 1886. — ROUCHÉ (E.). *Éléments de statique graphique*, Paris, 1889. — SAVIOTTI (C.). *La Statica grafica*, Milan, 1888, 3 vol. — SEYRIG (T.). *Statique graphique des systèmes triangulés*, Paris, 1898. — THIRÉ (A.). *Éléments de statique graphique appliquée à l'équilibre des systèmes articulés*, Paris, 1888.

Nomographie. — ALLIX. *Nouveau système de tarifs*, 1840. — BASSANTIN (J.). *Discours astronomique de J. B. Écossais*, Lion, chez Jan de Tournes, 1557, in-folio. — BUACHE (PH.). *Essai de géographie physique* (Mém. de l'Acad. des Sc., 1737, 1752). — CARVALLO (E.). *Conférence sur les notions de calcul géométrique utilisées en mécanique et en physique* (Nouv. Annal. Math., Paris, 1902, (4), 433-442). — DUCARLA. *Expression des nivellements ou méthode nouvelle pour marquer sur les cartes terrestres et marines les hauteurs et la configuration des terrains*, Paris, 1782. — DUPAIN-TRIEL. *Méthode de nivellement, présentant des images exactes et pratiques d'exprimer ensemble sur les plans et les cartes les dimensions horizontales et verticales des objets* (avec une carte comme spécimen), 1804 (an XII). — FAYÉ. *Abaque pour la détermination du point à la mer* (Ann. hydrograph., 1892). — GENAILLE. *Les graphiques de l'ingénieur* (Mémoires sur les méthodes graphiques, dans les Notices publiées par le Ministère des Travaux publics. Exposition de Melbourne, Imp. Nat., 1880). — JEAN-FRANÇOIS (P.). *Art du fontainier*, 1665. — LAFAY (A.). *Abasques relatifs à la polarisation elliptique* (J. de Physique, 1895, (3), IV, 178-182). — LALANNE (L.). *Remarques à l'occasion du mémoire de M. MORLET sur les centres de figures et réflexions sur la représentation graphique de divers éléments relatifs à la population* (C. R., 1843, XVII, 492-494; 1845, XX, 438-441); — *Mémoire sur les tables graphiques et sur la géométrie anamorphique* (Annal. des Ponts et Chaussées, in-8, Paris, 1846, 72 pages; — *Note sur un nouveau mode de représentation de la marche des trains sur une voie de communication* (C. R., 18 août 1884, XCIX, 307; *La Nature*, 11 oct. 1884); — *Méthode graphique pour l'expression des lois empiriques ou mathématiques à trois variables*, in-8, 1878, Paris, 63 pages. — LALLEMAND. *Abasques hexagonaux* (C. R., 1886). — LEMOINE (E.). *La géométrographie ou l'art des constructions géométriques*, Paris, 1893, 66 pages, G. V.; — *Étude sur le triangle et sur certains points de géométrographie* (Edinburgh Mathematical Society, 1894-1895, XIII). — MASSAU. *Mémoire sur l'intégration graphique* (Annales de l'Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand, 1884). — OCAGNE (M. D'). *Traité de Nomographie*, Paris, 1899, G. Villars. — ROUDET (L.). *Abaque pour l'analyse des courbes périodiques* (La Parole, 1900, n° 1, 1-8).

DEUXIÈME PARTIE

Méthode graphique directe.

Les procédés employés pour obtenir l'enregistrement direct des mouvements constituent la méthode graphique directe ou *autographique*.

Avant d'exposer les procédés spéciaux appliqués à l'enregistrement des phénomènes mécaniques, physiques et physiologiques, nous allons décrire les méthodes générales grâce auxquelles on peut obtenir l'enregistrement d'un mouvement quelconque.

I

MÉTHODE DES EMPREINTES ET DES TRACES

I. Lorsqu'un animal marche sur un terrain sablonneux ou détrempe, il y laisse les empreintes de ses pas. Ces traces peuvent être considérées comme une sorte d'inscription naturelle des mouvements.

Ce mode d'étude des mouvements a été élevé à la dignité d'une méthode, à juste raison, car les empreintes peuvent nous apprendre une foule de choses. D'après les empreintes on peut reconnaître l'espèce animale, en apprécier le poids et la taille, l'allure avec laquelle l'animal se déplaçait, etc.

On connaît l'usage que les géologues ont fait des empreintes qui nous ont été transmises à travers les périodes géologiques.

Dans les écoles vétérinaires, les empreintes servent à l'étude des allures du cheval.

BLOCH (1896) a étudié à l'aide d'empreintes la marche de l'homme. Ses moules en plâtre étaient obtenus d'après les empreintes laissées sur une piste de sable fin.

II. NEUGEBAUER a étudié la marche de l'homme à l'aide du procédé suivant : On frotte la plante des pieds du sujet en expérience avec du sesquioxyle de fer pulvérulent ; puis, plaçant le sujet, au départ, à l'extrémité d'un rouleau de papier de 7 à 8 mètres de long sur 50 centimètres de large, étendu sur le sol et divisé en deux dans toute sa longueur par un trait, on le fait marcher droit devant lui, jusqu'à l'autre extrémité de la bande.

Ce procédé a été employé par GILLES DE LA TOURETTE dans ses études cliniques et physiologiques de la marche (Thèse de Paris, 1886).

III. Les pattes d'un animal humectées de liquides diversement colorés, laissent sur la surface de déplacement des traces qui donnent des renseignements très intéressants. C'est ainsi que FANO a étudié les mouvements des tortues.

Si au lieu d'humecter de liquides colorants les pattes d'un insecte, on le laisse se déplacer sur une surface enduite de noir de fumée, on obtient des traces blanches qui montrent les allures de la marche.

IV. VIERORDT a employé le *procédé des injections ou des empreintes colorées*.

La marche s'effectuait sur des bandes de papier posées sur le sol ; une ligne tracée d'avance sur le papier indiquait la direction de la marche. La chaussure contenait, pour chaque pied, trois chambres remplies d'un liquide coloré, différent pour le pied gauche et le pied droit, et correspondant l'un au talon, les deux autres à la partie antérieure du pied. Chaque appui du pied sur le sol laissait sur le papier une triple empreinte. On obtenait ainsi la position de chaque pied, la longueur du pas, l'angle que fait chaque pied avec la ligne de direction de la marche et l'écartement des pieds.

Pour étudier les soulèvements et les abaissements des diverses parties du corps, des feuilles de papier verticales étaient tendues latéralement le long du champ de marche, et des tubes horizontaux placés à différentes hauteurs (calcanéum, trochanter, etc.) injectaient sur ces feuilles des liquides colorés.

II

CHRONOSTYLOGRAPHIE

Le procédé pour obtenir le diagramme d'un mouvement est le suivant :

Le corps en mouvement est mis en relation avec une plume inscrivante qui laisse sa trace sur une surface animée d'un mouvement de translation. La direction suivant laquelle se déplace la surface enregistrante est perpendiculaire à la direction du mouvement de la plume. Ce procédé d'inscription par style a été appelé *chronostylographie* par CHAUVÉAU.

Quand la plume est immobile et la surface enregistrante en mouvement, on obtient comme tracé une droite; cette droite, qui représente l'axe des abscisses d'un système de coordonnées rectangulaires, est proportionnelle au temps. Quand la surface est immobile et la plume en mouvement, on obtient comme tracé une droite perpendiculaire à l'axe des abscisses; cette droite représente l'axe des ordonnées; elle sert de mesure à l'amplitude des mouvements de la plume.

Quand la plume et la surface sont en mouvement, on obtient comme tracé une courbe qui représente la loi du mouvement en fonction du temps, c'est-à-dire la représentation graphique d'une fonction à deux variables : $y = f(t)$, dont l'une (t) est le temps et l'autre (y) le mouvement.

La plume enregistrante laisse la trace de ses mouvements sur la surface enregistrante, soit en grattant la couche légère de noir de fumée qui couvre la surface, soit en écrivant avec de l'encre sur la surface blanche. Le premier mode d'enregistrement, beaucoup plus délicat que le dernier, exige une préparation spéciale de la feuille (son noircissage) avant l'enregistrement, et une autre préparation après l'enregistrement (la fixation du tracé grâce à un vernis spécial). L'enregistrement à l'encre n'est applicable qu'aux mouvements lents.

I

Surfaces enregistrantes.

L'enregistrement des mouvements d'un style enregistreur peut se faire sur des surfaces animées soit d'un mouvement de rotation, soit d'un mouvement de translation rectiligne, soit d'un mouvement d'oscillation pendulaire, soit enfin sur une surface ayant la forme d'un disque circulaire tournant autour de son centre.

La surface peut être constituée par une feuille ou une bande de papier plus ou moins longue, ou par une plaque de verre enfumée.

Les appareils qui ont pour but de mettre en mouvement une surface sur laquelle se fait l'enregistrement portent des noms divers, *Cylindre enregistreur*, *Kymographion*, *Myographion*, *Chronographe*, *Polygraphe*, *Pansphygmographe*, *Phonautographe*, *Cardiographie*, *Phrénographe*, etc. Ces appellations n'ont aucune raison d'être; elles ont pour origine les noms des phénomènes qui ont été enregistrés au début. Ainsi, comme LUDWIG, qui le premier (en 1847) s'est servi d'un appareil enregistreur en physiologie, pour étudier la pression sanguine, a donné à son appareil le nom de *Kymographion* (κύμα, onde; γράφειν), cette désignation a été appliquée par les physiologistes à tous les cylindres enregistreurs, même quand on s'en servait pour inscrire autre chose que des ondes sanguines.

Il en est de même de la désignation *Myographion*, qui a été donnée pour la première fois par HELMHOLTZ à l'appareil sur lequel il a fait l'enregistrement des contractions musculaires.

Le nom de *Phonautographe* désigne, de même que le *Kymographion* et le *Myographion*, un cylindre enregistreur tournant : seulement ce cylindre enregistreur a servi au début à l'enregistrement des sons.

La désignation *Polygraphe* veut dire que l'appareil peut servir à l'enregistrement de plusieurs phénomènes. La désignation *Pansphygmographe* veut aussi dire que l'appareil peut servir à l'enregistrement de tous les phénomènes dépendant de la circulation.

La désignation de *Chronographe* montre que l'appareil auquel elle s'applique sert à la mesure des durées.

En face de tant de noms divers, on pourrait croire que les appareils qu'ils désignent, diffèrent beaucoup entre eux. Ce serait une illusion. Tous les appareils que nous décrivons sous le nom donné par leur inventeur, sont en principe identiques ; ils sont tous constitués soit d'une surface cylindrique animée d'un mouvement de rotation, soit d'une plaque ou d'une longue bande de papier animée d'un mouvement de translation. Sur ces surfaces on peut inscrire des durées et des phénomènes de toutes sortes, contractions musculaires, pulsations artérielles, etc. Donc chaque appareil est à la fois chronographe, kymographion, myographion, pansphygmographion, phonautographe, polygraphe.

Dans notre classification des appareils enregistreurs nous ne tiendrons pas compte de leur nom spécial, mais de la forme de la surface sur laquelle se fait l'enregistrement.

§ I. — Appareils enregistreurs à bande de papier sans fin.

A. Les cylindres enregistreurs se composent essentiellement d'un cylindre métallique, placé horizontalement ou verticalement, animé d'un mouvement de rotation. On peut faire tourner le cylindre soit à la main, soit à l'aide d'un poids, soit à l'aide d'un mécanisme d'horlogerie, soit enfin à l'aide d'un moteur, électrique ou autre.

I. Comme exemple de cylindre enregistreur très simple, citons le *cylindre phonautographique* de SCOTT et KÆNIG qui est analogue au cylindre sur lequel THOMAS YOUNG (1807) a enregistré les vibrations d'un diapason.

Cet appareil se compose d'un lourd cylindre de cuivre jaune, long de 23 centimètres environ, ayant un périmètre de 560 millimètres, placé sur un axe horizontal en forme de vis. Cet axe repose sur un support fixé sur une planchette de bois. Quand l'on fait tourner l'axe qui supporte le cylindre, à l'aide d'une manivelle, le cylindre tournant se déplace le long de son axe. De cette façon, une pointe inscrivante fixe tracerait sur la surface du cylindre une spirale.

Le *Myographion* de WESTIEN se compose d'un cylindre vertical, dont l'axe présente à la partie inférieure une roue dentée. Une vis tangente engrène avec cette roue ; un ressort spécial fait appuyer la vis sur la roue. En tournant la vis, on fait tourner le cylindre.

A part ces deux appareils que nous venons de décrire, il en existe beaucoup d'autres, aussi simples, qu'on trouve dans les catalogues de tous les constructeurs.

II. Parmi les appareils enregistreurs dont le cylindre est mis en mouvement par la chute d'un poids, citons d'abord le *Kymographion* de LUDWIG (1847). Cet appareil, qui est le premier appareil enregistreur employé en physiologie, se compose d'un cylindre vertical, d'une série de roues dentées qui engrènent avec l'axe du cylindre, d'un poids attaché par une corde enroulée sur une gorge de l'axe et d'un pendule qui régularise les mouvements du rouage provoqué par la chute du poids. — Tout l'appareil est placé sur une grande table support à trois pieds. A cette table se trouve fixé le manomètre enregistreur de la pression du sang.

Le *myographion* de HELMHOLTZ (1852) se compose d'un cylindre en verre (*cy*) recouvert de noir de fumée, placé verticalement, et mis en mouvement par la chute d'un poids. Un mécanisme d'horlogerie et un pendule (*pe*) régularisent les mouvements de rotation du cylindre. La vitesse de rotation du cylindre peut être variée de la façon suivante : sur l'axe du cylindre se trouve placé un volant (*s, s*) à la face inférieure duquel sont fixées deux ailettes (*fl, fl*) qui plongent dans un espace annulaire plein d'huile ; en variant la position des ailettes, on varie la vitesse de rotation du cylindre. La vitesse maximum de rotation du cylindre est telle qu'un millimètre de surface représente 0'',00192 seconde.

DU BOIS REYMOND a modifié l'appareil de HELMHOLTZ de façon à avoir une vitesse de rotation plus grande : un millimètre par 0'',00044, — en donnant des dimensions plus grandes au cylindre trop petit de HELMHOLTZ. Le cylindre de DU BOIS REYMOND faisait 15 tours par seconde.

FICK (1882) a employé le dispositif suivant pour imprimer à un cylindre un mouvement de rotation uniforme à l'aide de la chute d'un poids : un cylindre de cuivre très lourd, ayant un mètre de circonférence, est fixé sur un axe d'acier. Sur le même axe,

au-dessous du cylindre, est fixée une bobine ayant un diamètre de 20 millimètres. Une corde est enroulée sur cette bobine. Un anneau est attaché à l'une des extrémités de la corde; cet anneau est accroché à un crochet qui se trouve fixé à la face inférieure du cylindre. L'autre extrémité de la corde passe sur une poulie fixée au support de l'appareil, et va s'attacher à une sorte d'étrier auquel est suspendu le poids. Un levier maintient le poids immobile; quand on soulève le levier, le poids tombe. Le poids est arrêté dans sa chute par une cheville enveloppée de caoutchouc (pour amortir les chocs). L'arrêt du poids et la continuation de la rotation du cylindre font que la corde se dis-

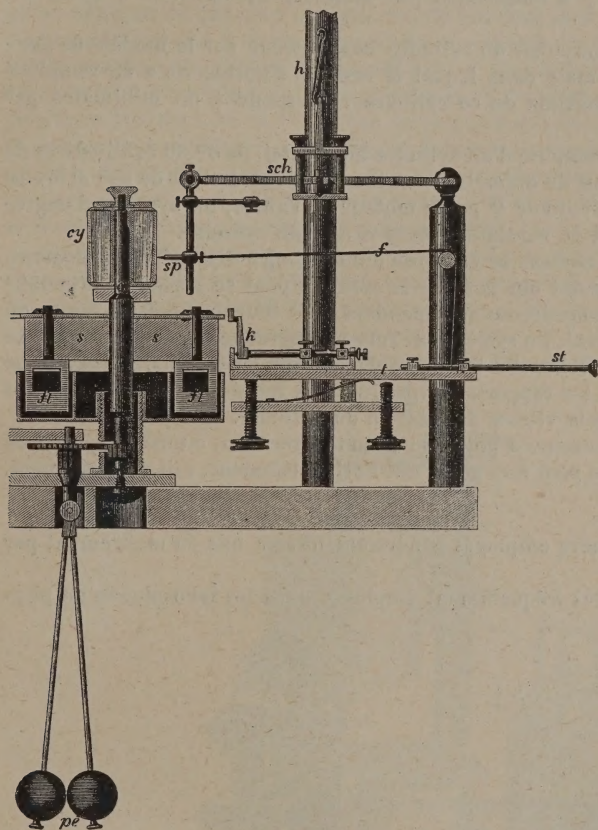


FIG. 77. — Myographion de HELMHOLTZ.

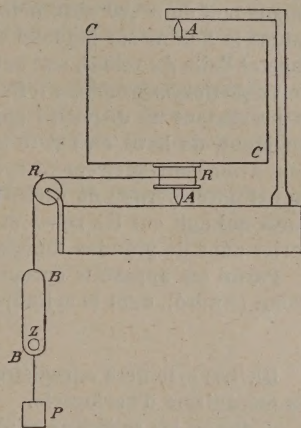


FIG. 78. — Cylindre enregistreur de FICK.

tend. Alors l'anneau qui était accroché au cylindre tombe, et le cylindre, tout à fait libre, continue à tourner avec la vitesse qui lui a été imprimée par la chute du poids.

En variant le poids et la hauteur de la chute, on varie facilement la vitesse de rotation du cylindre. Avec un poids de quatre kilos environ et avec une hauteur de chute maximum, Fick a obtenu, comme vitesse maximum, un millimètre de déplacement de la surface par 0'',00286 seconde.

JAQUET (1890) a employé un cylindre placé verticalement au-dessus d'un volant très lourd (10 kilos). Le tout, étant mis en mouvement par la chute d'un poids, continue à se mouvoir pendant 6 à 8 minutes après la cessation de l'effort exercé par le poids. Comme la masse mise en mouvement présente une grande inertie, son mouvement de rotation est régulier.

REICHERT a fait deux kymographions, mis en mouvement par un poids d'une façon tout à fait différente. L'un d'eux est composé d'un cylindre de bois, qu'on recouvre d'une feuille de papier; la périphérie du disque, qui constitue la face inférieure du cylindre, présente une gorge dans laquelle passe la corde qui supporte le poids moteur. Un

système d'engrenage sert à régulariser les mouvements du cylindre. Dans le second kymographion de REICHERT, le poids moteur est attaché à une corde fixée à une des extrémités d'une longue bande de papier. A l'autre extrémité de cette bande de papier est accroché un contrepoids. La bande de papier passe sur un cylindre de bois placé verticalement sur une table. La corde qui supporte le poids moteur passe sur la poulie d'un petit mécanisme d'horlogerie qui a pour but d'uniformiser le mouvement de la feuille de papier. Comme on voit, dans cet appareil, le poids, au lieu de faire tourner le cylindre, tire sur le papier.

MAREY a fait construire il y a longtemps, par BREGUET, un appareil à poids de grande précision.

BALTZAR a construit pour TIGERSTEDT un cylindre enregistreur sur le modèle de l'appareil de LUDWIG et BALTZAR, mais dans lequel le ressort d'horlogerie a été remplacé par un poids. — La vitesse maxima de ce cylindre correspond à un millimètre par 0'',0016 seconde.

L'enregistreur de WEISS se compose d'un cylindre horizontal, de 0^m,50 centimètres de longueur et de 0^m,20 centimètres de diamètre. — A l'une des extrémités de son arbre se trouve la bobine sur laquelle s'enroule le poids moteur; à l'autre, un système d'engrenage et l'aile du volant, servant de régulateur de la vitesse du cylindre.

Le *pantokymographion* d'ENGELMANN se compose d'un cylindre disposé verticalement, et présentant un dispositif spécial qui fait que le cylindre peut se déplacer, automatiquement, de haut en bas le long de son axe, pendant qu'il tourne. De cette façon, on peut avoir l'enregistrement spiral. Un système de roues d'engrenage, placé près de l'axe du cylindre, permet de varier facilement la vitesse de rotation en marche. En variant le poids qui agit sur les roues et les rapports réciproques des roues d'engrenage, on peut varier dans de grandes limites la vitesse de rotation du cylindre.

Parmi les appareils enregistreurs à poids de grande précision, citons l'appareil de BROCA (André), dont le cylindre peut être placé soit horizontalement, soit verticalement.

III. Les cylindres enregistreurs employés généralement sont mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

a) Parmi les cylindres le plus fréquemment employés dans les laboratoires de phy-

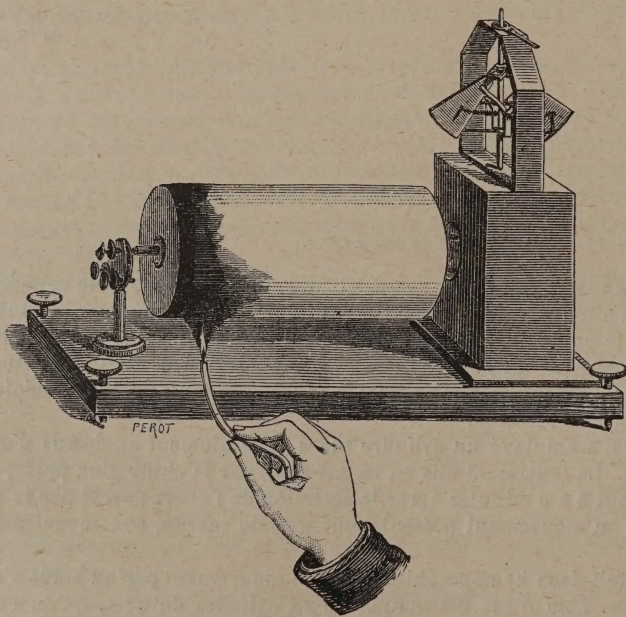


FIG. 79. — Cylindre enregistreur de MAREY.

siologie, il faut mettre en première ligne l'appareil de MAREY et le *kymographion* de LUDWIG et BALTZAR.

L'appareil de MAREY (fig. 79) se compose d'un cylindre en cuivre mince soutenu par des diaphragmes intérieurs et traversé par un axe d'acier qui s'ajuste d'une part à une pointe terminant l'un des axes du rouage d'un mécanisme d'horlogerie, et de l'autre à la pointe d'une vis qui traverse un disque de bronze et sert de contre-pivot. — Ainsi placé, le cylindre peut tourner librement et indépendamment du rouage. — Le rouage est contenu dans une sorte de boîte. Un régulateur FOUCAULT régularise le mouvement du rouage. Trois axes à vitesses variables sortent de la platine du rouage. Le cylindre est placé entre un de ces axes et l'une des vis qui font face à ces axes et qui traversent le disque qui surmonte la branche montante du support. Un cadre de bronze ou une planche solide constitue le support. L'appareil peut se placer horizontalement ou verticalement.

Les axes qui sortent du rouage présentent les vitesses de rotation suivantes : l'axe supérieur fait un tour en $1\frac{1}{5}$, l'axe moyen en 6 minutes et l'axe inférieur en 1 minute. Quand on veut entraîner le cylindre au moyen du rouage, on place sur l'axe du rouage qu'on a choisi une pièce appelée *toc*. — La longueur du cylindre est de 28 centimètres environ, sa périphérie de 42 centimètres. — Pour la vitesse maximum du cylindre, un millimètre de surface correspond à 36 secondes.

L'appareil de MAREY ne permet pas de varier la vitesse de rotation du cylindre au cours d'une expérience. Pour faire varier la vitesse, il faut changer d'axe le cylindre. De plus, comme les trois axes du rouage n'ont pas le même sens de rotation, il faut retourner entièrement le cylindre et son rouage.

Le *kymographion* de LUDWIG et BALTZAR (fig. 80) se compose d'un mécanisme d'horlo-

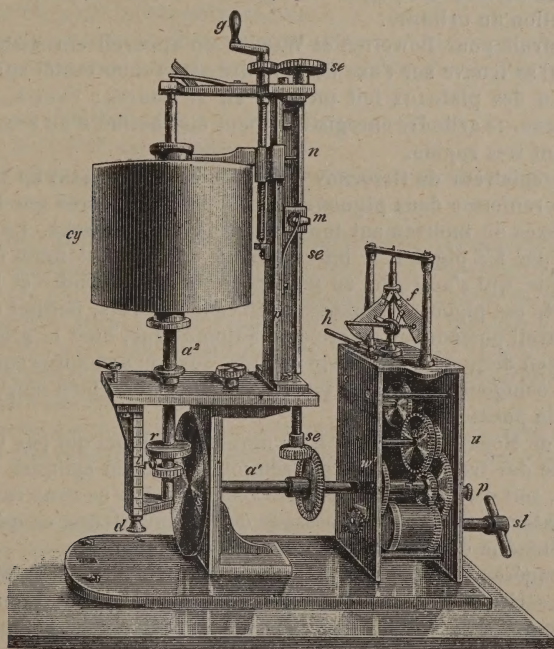


FIG. 80. — Cylindre enregistreur de LUDWIG et BALTZAR.

gerie (*u*), placé dans une boîte complètement fermée, qui met en mouvement un disque métallique (*s*). Le cylindre (*cy*) placé à côté du disque présente sur son axe un galet (*r*) qui roule sur le plateau. Le galet peut être fixé à différentes hauteurs sur l'axe du cylindre ; en variant la distance du galet au centre du plateau, on varie la vitesse de rotation du cylindre. Celui-ci tournera d'autant plus vite que le galet sera plus près de la périphérie du plateau. — Un index (*i*) donne la longueur de la distance qui sépare le galet du centre du plateau. — La pression du galet contre le plateau est réglée à l'aide d'une

vis (p). — On varie encore la vitesse de rotation du cylindre en déplaçant à droite ou à gauche la roue inférieure (w') ou la roue supérieure (w^2). Quand la roue inférieure est à gauche et la roue supérieure à droite, la durée d'un tour de cylindre variera, selon la position du galet sur le plateau, entre 90 à 12 minutes. — Quand les deux roues sont à droite, la durée variera entre 12 à 1 minute et quart. Enfin, quand la roue inférieure est à droite, et la roue supérieure à gauche, la durée d'un tour varie entre 1 minute $1/2$ et $1/8$ de minute. — En variant les ressorts des ailettes du régulateur FOUCAULT, en attachant ces ailettes ou en les enlevant complètement, on varie encore la vitesse du cylindre. On peut arriver à avoir un tour en 3 secondes.

Le cylindre peut se déplacer le long de son axe, soit en tournant à la main une manivelle (g), soit automatiquement, à l'aide d'un dispositif spécial (se), qui peut être employé à volonté. Une roue dentée (a') placée sur l'arbre du mouvement d'horlogerie fait tourner une tige qui présente à son extrémité supérieure une roue qui s'engrène avec une roue placée sur la vis sans fin à manivelle. De cette façon, les mouvements de cette vis sont commandés par le mécanisme d'horlogerie. — Quand le cylindre, en descendant, a atteint la limite inférieure de sa course, une pointe (n), fixée sur l'écrou qui porte le cylindre, appuie sur un ressort (m); ce contact fait que l'engrenage de roues cesse. Alors, à l'aide de la manivelle, on remonte le cylindre, l'engrenage des roues se rétablit, et le cylindre commence de nouveau à descendre.

Le cylindre peut être placé aussi horizontalement. Dans ce cas, le fonctionnement de l'appareil n'est nullement changé.

La hauteur du cylindre est de 30 centimètres; la périphérie de 50 centimètres; un millimètre de la surface du papier correspond à $0'',006$ de seconde pour la vitesse maximum de rotation du cylindre.

BALTZAR a construit pour BOWDITCH et WARREN un appareil enregistreur à deux plateaux. Le galet qui se trouve sur l'axe du cylindre peut rouler tantôt sur un plateau tantôt sur l'autre. Un des plateaux fait un tour en 24 heures; l'autre, un tour en une heure. De cette façon, le cylindre enregistreur peut être animé d'un mouvement très lent ou d'un mouvement très rapide.

Le cylindre enregistreur de RAZOUNOV diffère de celui de MAREY en ce que ce mouvement d'horlogerie renferme deux pignons de différents diamètres que l'on peut adapter à volonté à trois axes du mouvement tournant dans le même sens. Le mouvement des axes est transmis par les pignons à un quatrième axe qui est muni à son extrémité d'un pignon conique, qui s'accroche au pignon de l'axe du cylindre et le met en mouvement. L'action de ces pignons, combinée avec celle des axes, permet d'avoir 6 vitesses différentes. L'appareil possède un mécanisme automatique, dont la pièce principale est un ressort, au moyen duquel on déplace le cylindre sur son axe après chaque tour. Grâce aux deux pignons coniques, le cylindre peut fonctionner aussi bien dans la position horizontale que dans la position verticale.

L'enregistreur de MORAT se compose d'un moteur à ressort qui par une de ses roues moyennes actionne des transmissions qui communiquent au cylindre soit des mouvements de rotation, soit des mouvements de translation. Par sa roue extrême le moteur actionne les régulateurs. Cet appareil possède deux régulateurs, ce qui permet d'avoir une plus grande étendue dans la gamme des vitesses à employer.

Pour ne pas exagérer la force nécessairement limitée du ressort, MORAT a donné à son appareil deux séries de vitesses très différentes. Avec l'un des régulateurs, le mouvement se fait avec une grande lenteur, un tour en six heures; avec l'autre, un tour dure une demi-heure. — Dans chacun de ces deux cas, le cylindre peut prendre toute une série de vitesses différentes et graduées à volonté. — Le passage d'une vitesse à une autre se fait avec la plus grande facilité; l'embrayage de l'un à l'autre régulateur se fait par le jeu d'un levier.

Un cadre métallique, placé sur une tablette, et articulé avec elle, peut prendre, à volonté, la position horizontale ou verticale. Ce cadre est pourvu de rails sur lesquels est placé le cylindre, qui glisse à l'aide d'un chariot léger métallique qui le supporte par ses pointes entre deux équerres. Le déplacement du chariot est obtenu par une vis sans fin qui reçoit le mouvement du moteur. A la base du cadre, se trouve un axe transversal, coïncidant avec un de ses petits côtés. Il est situé exactement sur l'axe de pivotement du

cadre. Cet arbre moteur reçoit le mouvement de la roue moyenne du moteur, et le communique soit au chariot, pour donner au cylindre un mouvement de translation, soit au cylindre, pour lui donner un mouvement de rotation.

Les dimensions du cylindre sont celles du cylindre de l'appareil de MAREY; il a 23 centimètres de long, et une périphérie de 42 centimètres.

La vitesse maximum est d'un tour en 2 secondes, avec le régulateur pour les mouvements rapides; la vitesse maximum, avec le régulateur pour les mouvements lents, dont le minimum est d'un tour en 6 heures, est d'un tour en 5 minutes.

On peut avoir des gradations variables d'une vitesse à l'autre.

L'appareil de MORAT, construit par TRENTA, de Lyon, peut marcher aussi avec un autre moteur que le moteur à ressort, par exemple avec un moteur électrique, une turbine ou un moteur à vapeur ou à gaz. Dans ce cas, on peut avoir des variations de vitesse bien plus grandes que celles du moteur à ressort.

Le *kymographion* d'ELLIS est un appareil très simple et sans aucune prétention à l'exactitude. Il se compose simplement d'une boîte contenant un mécanisme d'horlogerie; sur l'axe en mouvement vertical qui sort de la boîte on place une bobine de papier. Le bout libre de la feuille de papier de la bobine est serré dans une pince. Un fil est attaché à la pince, un poids au fil. Celui-ci tend le papier.

En plaçant sur l'axe du mouvement des bobines de différents diamètres, on obtient différentes vitesses de translation du papier.

L'appareil peut être placé horizontalement ou verticalement.

L'appareil enregistreur universel de G. LE BOY permet d'avoir un grand nombre de vitesses différentes. Son cylindre peut faire un tour en 3 secondes, pour la vitesse maximum, et un tour en 24, pour la vitesse minimum.

On trouvera dans les catalogues de tous les constructeurs des appareils enregistreurs à mécanisme d'horlogerie très simple, comme celui de PORTER (de Harvard University), par exemple.

ZIEMERMANN a construit d'après les indications de WUNDT un chronographe qui permet de mesurer le 10 000^e de seconde.

En balistique, en physique, etc., on emploie des chronographes d'une très grande précision.

b) Dans les appareils enregistreurs décrits jusqu'à présent, le mécanisme d'horlogerie était complètement indépendant du cylindre. Il n'en est pas toujours ainsi: il y a des cylindres enregistreurs qui contiennent le mécanisme d'horlogerie dans leur intérieur.

Dans les enregistreurs RICHARD, les rouages d'horlogerie intérieurs font corps avec le cylindre et tournent avec lui, constituant un mouvement satellite. Dans d'autres enregistreurs, le mouvement, tout en étant à l'intérieur du cylindre, reste fixe et produit la rotation du cylindre par un de ses axes.

Ces cylindres enregistreurs font partie intégrante d'appareils plus complexes destinés à enregistrer des variations de température, de pression, des phénomènes électriques, etc.

c) Il est quelquefois utile d'avoir un cylindre enregistreur dont se puisse changer automatiquement la vitesse de rotation.

Comme exemple d'un tel appareil, citons le cylindre enregistreur d'AGAMEMNONE (1890). Cet appareil se compose d'un cylindre horizontal pourvu à ses deux extrémités de roues dentées, et tournant entre deux mécanismes d'horlogerie. L'un de ces mécanismes peut communiquer au cylindre un mouvement rapide, l'autre un mouvement lent. Les arbres des mécanismes d'horlogerie présentent des roues dentées qui peuvent s'embrayer automatiquement avec les roues dentées du cylindre; cet embrayage se fait grâce à un levier actionné par un électro-aimant. Tant que le courant passe dans l'électro-aimant, le cylindre est entraîné par le mécanisme d'horlogerie à mouvement rapide; quand le courant cesse, le cylindre est entraîné par le mécanisme d'horlogerie à mouvement lent. Ce genre d'appareil est très employé en séismographie.

d) A part les grands appareils enregistreurs, sur lesquels on peut tracer toutes sortes de mouvements, il existe, parmi les instruments destinés à enregistrer un mouvement

spécial, des appareils qui sont pourvus d'un tout petit cylindre enregistreur mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Ainsi le sphymographe de V. FREY est pourvu d'un tel cylindre.

Les appareils appelés polygraphes comprennent aussi un petit cylindre enregistreur.

Dans le *polygraphe* de GRUNMACH, le cylindre est séparé du mécanisme d'horlogerie qui présente, comme l'appareil de LUDWIG, un plateau sur lequel roule un galet fixé à l'axe du cylindre. Le cylindre est horizontal, il a une longueur de 12 centimètres, un diamètre de 15 centimètres et une périphérie de 46 centimètres. Sa vitesse varie de deux à six centimètres par seconde, selon la position du galet sur le plateau.

IV. Il existe un grand nombre d'appareils enregistreurs qui peuvent être actionnés par un moteur électrique. Parmi les appareils présentant un dispositif électrique particulièrement intéressant, nous citerons les kymographions de KRONECKER et de BLIX.

L'*électro-kymographion* de KRONECKER (1889) est basé sur le principe suivant, dû à PAUL LACOUR (1875) :

Un électro-aimant qui se magnétise et se démagnétise rythmiquement fait fonctionner rythmiquement le diapason d'un autre électro-aimant; celui-ci met en mouvement une roue dentée qui se trouve devant lui.

KRONECKER a placé sur la roue dentée un cylindre vertical ayant 20 centimètres de hauteur et 50 centimètres de périphérie. La roue dentée, qui se déplace en face de l'électro-aimant, possède 50 dents en fer doux.

Le *kymographion électrique* de SANDSTRÖM et BLIX (1894) permet d'avoir des vitesses qui présentent entre elles un rapport décimal. Ce résultat est obtenu grâce à un arrangement très ingénieux des roues d'engrenage (fig. 81). Voici la description de ce dispositif spécial.

Deux séries de cinq roues dentées : la série I, 1, 2, 3, 4 et 5, et la série II, I, II, III, IV et V, sont disposées de la façon suivante : 1, I, 2, II, 3, III, 4, IV, 5, V. La série de roues 1-5 présentent 90 dents; la série I-V en a 100. Toutes les roues sont munies d'un pignon à 30 dents; les mouvements sont transmis d'une roue à l'autre au moyen de ce pignon. De cette façon, si la vitesse de la roue I est 1, la roue II aura la vitesse suivante : $\frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} = \frac{1}{10}$; la roue III aura la vitesse suivante : $\frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} \cdot \frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} = \frac{1}{100}$, etc. On voit qu'on obtient ainsi des vitesses de 10 en 10 en descendant (fig. 81).

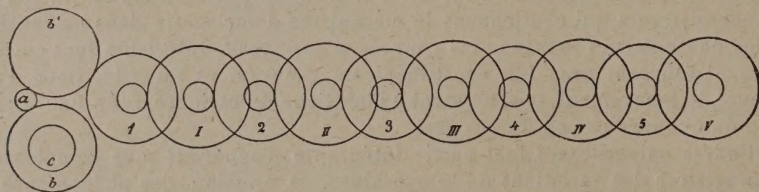


FIG. 81. — Kymographion électrique de BLIX (Schéma).

Toutes ces vitesses peuvent être réduites de moitié au moyen d'un engrenage spécial qu'on établit entre l'arbre du moteur électrique et la roue 1. On peut avoir en tout 10 vitesses allant de 1 à 50 000.

La vitesse de l'arbre du moteur est choisie de telle sorte que, pour la plus grande vitesse de cylindre, alors que son arbre est entraîné par la roue I, il défile 1 000 millimètres de surface enregistreuse par seconde. Quand l'arbre du cylindre est engrené avec la roue II, il défile 100 millimètres de papier par seconde; avec la roue III, il en défile 10, et ainsi de suite.

Les changements de vitesse s'obtiennent très facilement. Sur la paroi supérieure de la boîte qui contient le rouage, il y a un anneau mobile qui présente 10 divisions sur lesquelles sont inscrits les chiffres suivants : 1000, 500, 100, 50, 10, 5, 1, 0,5, 0,1, 0,05. Quand un de ces chiffres est en face de l'index, cela veut dire que le cylindre tournera avec une telle vitesse qu'il défilera par seconde autant de millimètres de papier que l'indique le chiffre placé devant l'index.

Le moteur électrique exige comme courant de 0,07 à 0,1 d'ampère pour 110 volts.

L'arbre du moteur fait 35,3 tours par seconde. L'uniformité du mouvement est obtenue grâce à un régulateur électrique formé par un contact à ressort.

Indépendamment de sa rotation, le cylindre vertical peut être animé d'un mouvement de translation de haut en bas, ce qui permet d'avoir l'enregistrement en spirale. Ce mouvement est obtenu grâce à une vis qui traverse l'arbre du cylindre et qui, en tournant, fait descendre le cylindre.

L'ensemble de l'appareil se présente sous un petit volume ; il est très commode, très pratique, et il présente de nombreux avantages. Par exemple, le cylindre peut être placé dans une position verticale ou dans une position horizontale ; un dispositif spécial permet d'ajouter à l'appareil une bobine de papier pour l'enregistrement sur papier sans fin.

Le kymographe de STRAUBE (1900) est une modification de l'appareil de BALTZAR dans lequel le mécanisme d'horlogerie a été remplacé par un électromoteur, qui nécessite 10 volts et 2,5 ampères pour entraîner le cylindre. — Le cylindre peut être placé horizontalement ou verticalement.

Les variations de vitesses s'obtiennent de trois façons :

1° A l'aide du disque de friction, en changeant le rayon sur lequel appuie le pignon de l'axe du cylindre ;

2° A l'aide du mécanisme de transmission ;

3° Enfin par des résistances variables introduites dans le circuit.

L'échelle de variation des vitesses est 0^{mm},1 à 220 millimètres par seconde.

Le cylindre prend sa vitesse maximum au bout de 0'',2 de seconde.

Parmi les appareils à moteurs électriques, citons encore ceux de MORAT, de CYON, d'OLHMKE, de FANO, etc.

CARPENTIER a construit un chronographe électrique de grande précision qui permet d'obtenir à la circonférence du cylindre tournant des vitesses variant de 0^m,30, 1 mètre, 2^m,50 et 5 mètres par seconde.

V. Il y a des cylindres enregistreurs qui sont mis en mouvement par des dispositifs tout à fait spéciaux. En voici quelques exemples :

L'appareil enregistreur de NOACK (1895) se compose d'un trépied auquel est suspendu un pendule. Ce pendule est réuni à la manivelle de l'axe d'un cylindre. Quand le pendule oscille, le cylindre tourne autour de son axe.

VINTSCHGAU et DIETL (1881) ont construit un cylindre qui est mis en mouvement par la détente d'un ressort (de là le nom de *Cylinder-Feder-Myographion* qu'ils ont donné à leur appareil). — Le cylindre horizontal peut être déplacé le long de son axe ; il ne peut pas faire un tour entier. Le mouvement de la surface est assez rapide pour qu'on puisse évaluer des durées de 0'',00042 de seconde.

BLIX (1892) a employé aussi un cylindre mis en mouvement par la détente d'un ressort (*Rotirende Federmyographion*). — Son cylindre était vertical.

THIRY (1864) a employé comme mécanisme moteur, pour entraîner un cylindre, une sirène. D'après le ton de la sirène on peut déterminer la vitesse de rotation du cylindre. En réglant la force d'un courant d'air, la sirène donne le même son, et par conséquent la vitesse du cylindre placé sur son axe est uniforme.

VI. Citons encore, parmi les nombreux cylindres enregistreurs qu'on trouve dans les laboratoires, le cylindre enregistreur de CHAUVEAU qui mesure 60 centimètres de long sur 25 centimètres de diamètre. — Ce cylindre peut tourner assez vite pour que la surface soit entraînée avec une vitesse variant à volonté entre 1^m,20 et 2 mètres par seconde. —

Grâce à cette vitesse, des durées de $\frac{1}{2400}$ de seconde équivalent sur le papier à des longueurs de 1/2 millimètre au moins, et peuvent ainsi être rigoureusement déterminées.

— Ce cylindre est mis en mouvement par un moteur hydraulique.

Le cylindre enregistreur de BOECK (1855) avait une vitesse maximum d'un millimètre par 0'',003 de seconde.

On pourrait encore citer beaucoup d'appareils enregistreurs intéressants, comme

ceux que KAGENAAR d'Utrecht a construits pour DONDEES et pour BRONDGEEST (le *phona-tographe* et le *pansphygmographe*) ; les appareils de HEYNSIUS (1869), de HERING (1879), de LOVEN (1883), de GRÜNHAGEN (1883), de R. DUBOIS, de TAINURIER, etc.

B. — Pour faire des enregistrements de longue durée, on emploie des appareils à papier sans fin.

1. — En prenant deux cylindres semblables, par exemple deux cylindres enregistreurs de MAREY, en les plaçant parallèlement et à une certaine distance l'un de l'autre et en les entourant d'une longue bande de papier, on improvise un excellent appareil pour les enregistrements de longue durée. En éloignant plus ou moins les cylindres, on donne à la bande de papier la longueur et la tension voulues. — Un des cylindres est mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

Le dispositif que nous venons de décrire se retrouve dans beaucoup d'appareils, comme par exemple dans ceux de MAREY, HERING, HÜRTLE, EPSTEIN, MAGNUS, etc.

MAREY et CHAUVÉAU (1862) ont été les premiers à employer un tel dispositif dans leurs recherches cardiographiques. Voici la description de leur appareil modifié par FRANÇOIS FRANK :

Deux cylindres, dont l'un est mobile, et l'autre fixe (mû par un mécanisme d'horlogerie), sont montés verticalement sur une planche longue de 2^m,50, qui est fixée sur une console. — De fortes charnières permettent de faire basculer l'enregistreur et de le placer dans une position horizontale, nécessaire pour faire le noircissage de la bande de papier qui entoure les deux cylindres. — La bande de papier est tendue par le glissement du cylindre mobile le long d'une rainure centrale. Deux rouleaux tendeurs permettent de régler la tension du papier. La bande a une hauteur de 35 centimètres et une longueur de 5 mètres. Sa vitesse de translation est en général de 5 millimètres par seconde. Le volant régulateur de vitesse, placé sur l'axe du cylindre mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, présente des ailettes qui plongent à demi dans de l'eau glycinée. En faisant plonger plus ou moins les ailettes, on peut varier la vitesse de translation du papier.

L'appareil de HERING se compose, de même que l'appareil de MAREY, de deux cylindres sur lesquels peut être tendue une bande de papier. — L'enregistrement se fait sur le papier quand il passe sur le cylindre principal. Ce cylindre est mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. — Tout l'appareil peut être déplacé de haut en bas, afin que toute la hauteur de la bande de papier puisse être employée. — Cet appareil a été construit par ROTHE.

Dans l'appareil de HÜRTLE le support des deux cylindres, constitué par une forte tige métallique, présente une articulation en forme de genouillère, ce qui permet de placer l'appareil dans différentes positions. — La hauteur des deux cylindres est de 20 centimètres ; l'un des deux cylindres est mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. — La longueur de la bande de papier peut varier de 185 à 320 centimètres. La vitesse de translation du papier varie de 5 centimètres à 1^m,45 par seconde. Cet appareil a été construit par ALBRECHT (de Tübingen).

ZIMMERMANN a construit un appareil semblable au précédent, mais il a remplacé le mécanisme d'horlogerie par un moteur électrique.

L'appareil de PALMER peut être mis en mouvement par un moteur quelconque.

Le *Kymographion* d'EPSTEIN (1896) est mis en mouvement par la chute d'un poids de 1 à 9 kilos selon la vitesse qu'on veut imprimer au papier. — Un régulateur à ailettes permet de régler le mouvement. — On peut varier la vitesse non seulement à l'aide de poids moteurs, mais aussi à l'aide des roues d'engrenage. La vitesse minimum est de 5 millimètres par seconde ; la vitesse maximum est de 150 millimètres par seconde.

MAGNUS (1902) a fait construire par RUNNE (de Heidelberg) un appareil analogue à celui de HERING, de BRODIE, etc., pour les inscriptions de longue durée. — La partie motrice est représentée par un mécanisme d'horlogerie. — Les deux cylindres, sur lesquels est tendue une bande de papier enfumée, longue de deux mètres, sont placés à 75 centimètres de distance. La hauteur des cylindres est de 18 centimètres ; leur périphérie, de 50 centimètres.

Les variations de vitesse s'obtiennent à l'aide des ailettes du régulateur (système RUNNE). On varie les ressorts qui attachent les ailettes. — On peut avoir 10 vitesses dif-

férentes. La vitesse maximum donne 63 millimètres par seconde; avec la vitesse minimum un millimètre correspond à une seconde.

Cet appareil présente le grand avantage de n'être pas cher comme les autres.

2. — En général, quand on veut avoir l'enregistrement des mouvements sur papier sans fin, on prend des bobines sur lesquelles est enroulée une longue bande de papier, et on les adapte à un mécanisme moteur qui, mettant une des bobines en mouvement, provoque le déroulement du papier, et son enroulement sur l'autre bobine. Les cylindres enregistreurs décrits précédemment peuvent facilement être transformés en appareils enregistreurs de longue durée. Il suffit pour cela d'enlever leur cylindre et de le remplacer par des bobines, ou bien, tout en le gardant, de disposer à côté de lui une bobine magasin à papier et une autre bobine destinée à recevoir la bande de papier qui, partant

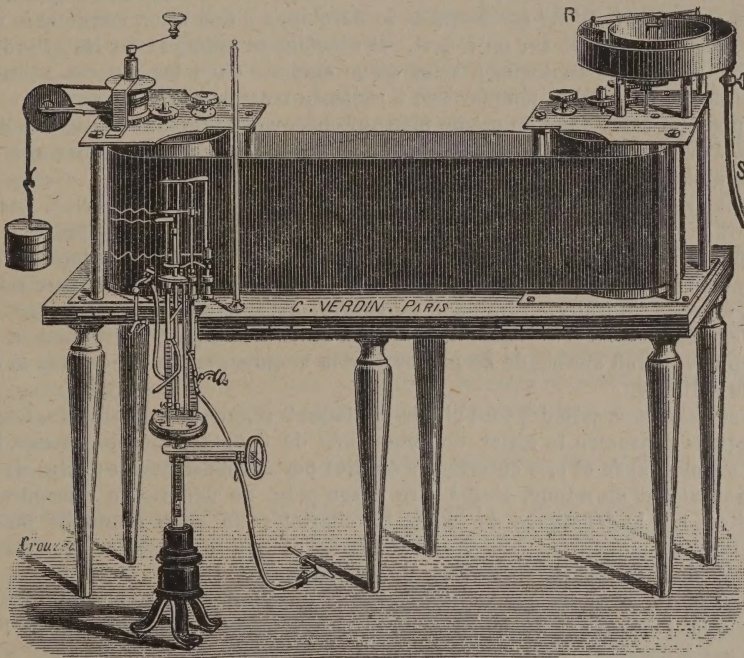


Fig. 82. — Cylindre de CHAUCHEAU et MAREY, modifié par FR. FRANCK.

de la bobine magasin, passe sur le cylindre et va s'enrouler sur la bobine vide. — L'enregistrement des mouvements d'une plume se fait sur la feuille pendant son passage sur le cylindre.

Les appareils de LUDWIG-BALTZAR et BLIX sont pourvus du dispositif nécessaire au placement des bobines.

Les constructeurs font des appareils spéciaux à bobines. Dans le catalogue de ZIMMERMANN (de Leipzig), on peut voir un grand nombre d'appareils construits sur le même principe. — Voici la description de quelques appareils de ce genre :

Le *Kymographion* de BALTZAR (laboratoire de Leipzig) est indépendant de son mécanisme moteur. Celui-ci, qui peut être un mécanisme d'horlogerie, ou bien un moteur électrique, à vapeur, ou autre, transmet son mouvement, à l'aide d'une courroie, à une grande poulie. Cette poulie met en mouvement un arbre horizontal (*w*). Sur cet axe il y a un galet (*f*) qui roule sur un plateau (*s*) avec friction. — Le plateau et l'axe vertical (*l*) qu'il porte est mis en mouvement de la sorte. — Une bande de papier, large de 17^{cm},5, passe sur le cylindre fixé sur l'axe du plateau; la bande est pressée par deux galets (*p*¹, *p*²) sur le cylindre; elle est de la sorte forcée de se déplacer en se déroulant

d'une bobine (r^1) pour s'enrouler sur une autre (r^2) qui est mise en mouvement au moyen d'une corde qui s'enroule d'une part à un disque (*sch*²), qui se trouve à sa base, et d'autre part sur une poulie de l'axe qui tourne. — Un cylindre métallique placé à côté de l'axe sert à guider le papier. — On varie la vitesse de translation du papier, en variant, comme dans l'appareil de LUDWIG-BALTZAR, la position du galet sur le plateau. Un dispositif spécial (*d*) sert à établir un bon contact entre le galet et le plateau.

L'appareil d'AUBERT et ANGELUCCI se compose de plusieurs cylindres sur lesquels passe la bande de papier. La bande de papier se trouve enroulée sur le cylindre I, de là elle passe sur les cylindres II et III qui servent de guide, ensuite sur le cylindre IV, sur lequel se fait l'enregistrement, et enfin elle va s'enrouler sur le cylindre V qui est animé d'un mouvement de rotation. — Sur ce dernier cylindre, l'extrémité de la bande de papier est fixée à l'aide d'une lame élastique, d'après le procédé de TRAUBE.

L'appareil de FRANÇOIS-FRANCK et GALANTE se compose d'un bâti dans lequel sont disposés trois cylindres R R' R'' sur lesquels se développe d'une façon continue le papier. Ce papier, placé en réserve sur un touret, est exactement appliqué sur les cylindres par un système de rubans analogue à celui qu'on emploie dans les presses à imprimer pour conduire le papier; un tendeur sert à régler la tension de ces rubans.

Trois pignons, calés dans un même plan sur chacun des arbres des cylindres RR' R'', engrenent avec une roue dentée actionnée par un pignon commandé par une chaîne venant du moteur.

Les trois cylindres sont animés d'un mouvement parfaitement uniforme. Les styles inscripteurs sont en rapport avec le papier dans sa partie disposée en pupitre.

Le papier est noirci à son passage sous le cylindre inférieur R'' de la façon suivante :

Parallèlement à une génératrice de ce cylindre est disposée dans un cadre une vis à deux pas, de sens contraire, entraînant un chariot porteur d'une grosse bougie dont la position de la flamme est convenablement réglée. Un double déplacement (aller et retour) de cette bougie noircit une bande de papier dont la longueur est le dixième de la circonférence du cylindre.

Sur la surface de ce cylindre sont placés dix taquets régulièrement espacés. Lorsqu'un de ces taquets rencontre le levier de commande de l'appareil de noircissage, la vis à deux pas est embrayée et elle entraîne le chariot porteur de la bougie; celui-ci, à la fin de son mouvement de retour, c'est-à-dire à son point de départ, en rencontrant une butée, détermine le débrayage de la vis. Le chariot reste alors immobile jusqu'à ce qu'une nouvelle longueur de papier soit déplacée et que le taquet suivant détermine une nouvelle mise en marche de l'appareil de noircissage.

La fixation est obtenue par le passage dans un bassin contenant du fixatif; des galets assurent l'immersion du papier dans le bain. Pour aider l'évaporation de l'alcool, le papier passe ensuite sur une plaque chauffée.

Comme nous venons de le voir, dans l'appareil de FRANÇOIS-FRANCK et GALANTE, l'enregistrement, au lieu de se faire à l'encre, comme dans les appareils à bobines, se fait sur une bande de papier noirci, ce qui permet d'enregistrer des mouvements très délicats et rapides.

Nous retrouvons, de même, dans l'appareil de LUMIÈRE (1900) un dispositif intéressant pour l'enfumage et le vernissage continus de la bande de papier.

Citons encore parmi les enregistreurs de longue durée, les appareils de ROUSSY (1898) dont l'un se prête aux inscriptions sur papier enfumé, et l'autre aux inscriptions à l'encre.

JANSEN (1894) a fait construire par RICHARD un météorographe à longue marche, destiné à l'observatoire du Mont-Blanc et dont le mécanisme de l'appareil enregistreur est intéressant.

Tout l'instrument est actionné par un poids de 90 kilogrammes, descendant de 5 à 6 mètres en 8 mois. Ce poids donne le mouvement à un pendule qui communique, en le réglant, le mouvement à l'appareil. Tous les mouvements de l'appareil sont donnés par un arbre horizontal qui reçoit son mouvement du pendule, à raison de un tour en 24 heures, et le communique aux bobines et aux autres organes des enregistreurs. Les bobines, qui portent le papier, se déroulent avec une vitesse variable pour chaque instrument.

3. — Parmi les appareils enregistreurs à inscription de longue durée, citons aussi les *polygraphes* qu'on emploie en clinique pour l'enregistrement simultané des battements du cœur, du pouls et de la respiration.

Dans le *polygraphe* de MAREY, une bande de papier, large de 10 centimètres et longue de 15 à 20 mètres, est enroulée sur une bobine. Un cylindre, mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, entraîne le déroulement de la bande de papier.

Le *polygraphe* de COOR (1896) se compose d'un mécanisme d'horlogerie qui, à l'aide d'un dispositif spécial de roues d'engrenages, permet d'avoir des vitesses variables : 0^m,60, 1^m,20, 1^m,70 par minute. La bande de papier est entraînée sur une plate-forme par deux galets appuyés par des ressorts. Cette plate-forme est en deux pièces qui peuvent être écartées, de sorte que sa longueur peut atteindre le double de sa largeur primitive. L'intervalle entre les deux pièces est comblé par des plaques situées sur la plate-forme et qui sont poussées par des ressorts à la place qu'elles doivent occuper dans l'intervalle ouvert entre les deux parties qu'on écarte. Ce dispositif permet d'employer des bandes ayant 75, 100 et 150 millimètres de largeur.

Le même mécanisme d'horlogerie qui met en mouvement le papier, commande aussi le mouvement d'un métronome, qui, à l'aide d'une transmission à air, que nous étudierons plus loin, enregistre ses mouvements sur le papier.

La hauteur totale de cet appareil est de 10 centimètres ; sa base présente un côté de 8 centimètres.

4. — Dans le récepteur du télégraphe inscripteur de MORSE et dans beaucoup d'autres appareils employés en météorologie et en physique, le mécanisme qui commande le déroulement d'une bande de papier est le suivant :

La bande de papier est serrée entre deux cylindres, dont l'un est mis en mouvement par un appareil d'horlogerie et dont l'autre est libre sur son axe ; les deux cylindres tournent nécessairement en sens inverse et entraînent la bande de papier à la façon d'un petit laminoir. Au-dessus de la boîte qui contient le mécanisme d'horlogerie se trouve la bobine sur laquelle est enroulée la bande de papier à provision.

§ II. — Appareils enregistreurs avec plaque animée d'un mouvement de translation.

A. **Pendule enregistreur** (*Pendelmyographion*). — Pour faire l'étude de certains phénomènes de très courte durée, par exemple l'étude de la période latente, les physiologistes emploient, au lieu d'un cylindre enregistreur, une plaque fixée à l'extrémité inférieure d'un lourd pendule battant la seconde.

L'enregistrement des mouvements se fait sur une plaque de verre noircie avec du noir de fumée ou bien sur une feuille de papier noircie collée sur la plaque du pendule. Les abscisses des tracés sont des courbes dont le rayon est égal à la longueur du pendule.

Le premier pendule enregistreur a été imaginé par FICK. L'axe de son *Pendelmyographion*, qui était long d'environ un mètre, reposait sur deux petites roues pour que le frottement fût très faible. A l'extrémité de la plaque de verre portée par le pendule, se trouvent, à droite et à gauche, deux pointes qui vont s'accrocher à deux crochets fixés à droite et à gauche sur le support du pendule. Le pendule reste immobile, dans une position oblique, à droite ou à gauche, selon qu'il est accroché par l'un ou l'autre crochet. En tirant le crochet qui fixe le pendule, celui-ci commence à osciller, mais, arrivé du côté opposé, il est immobilisé par le crochet qui se trouve là. L'enregistrement du mouvement étudié a lieu pendant l'oscillation simple effectuée par le pendule.

Pendant son oscillation, les crochets de l'extrémité du pendule ouvrent un contact électrique qui se trouve placé sur le support de l'appareil.

HELMHOLTZ a perfectionné l'appareil de FICK en rendant possible l'enregistrement de plusieurs tracés sur une même plaque. Pour cela il a fait la plaque mobile. Pour que ce changement de position de la plaque n'entraîne pas un changement du centre de gravité du pendule, et par conséquent un changement des oscillations, il a ajouté au pendule une plaque compensatrice qui descend quand la plaque sur laquelle se fait l'enregistrement monte. Les deux plaques sont mobiles sur des rails ; leur mouvement

est commandé par un système d'engrenage. Il suffit de tourner une manivelle pour que le mouvement des plaques ait lieu.

DEW-SMITH a fait construire aussi un pendule enregistreur. Dans cet appareil un électro-aimant, mobile sur un axe gradué derrière le pendule, maintient le pendule immobile. — En déplaçant l'électro-aimant, on peut varier l'amplitude de l'oscillation du pendule.

Sur la plaque enregistreuse du pendule du *King's College Laboratory* de Londres on peut enregistrer 40 tracés superposés. — L'inscription se faisant toujours au même endroit, correspondant au centre de gravité du pendule, les tracés ont tous la même courbure et les durées sont représentées par des abscisses égales. — La vitesse du mouvement pendulaire peut être variée, en changeant la position des crochets qui fixent la plaque dans une position oblique. La vitesse maximum est de 0'',00028 de seconde par millimètre de surface; la vitesse minimum est de 0'',00023. — Une tige qui se trouve à la partie inférieure du pendule sert à rompre un courant électrique, comme dans les pendules de FICK et de HELMHOLTZ.

La vitesse de translation du pendule est calculée d'après la formule suivante :

$$V = ch \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Connaissant ch , la corde de l'arc décrit par le centre de gravité, l , la longueur du pendule simple équivalent, et g , on voit qu'il est facile de calculer la vitesse du pendule.

Sur la plaque du pendule, la vitesse n'est pas la même aux extrémités de l'oscillation et au milieu; si la vitesse est de 0'',000383 par millimètre au centre, elle sera de 0'',0003912 aux extrémités. — Au milieu de la plaque, sur une longueur de 5 centimètres la vitesse paraît uniforme.

Les pendules que nous venons de décrire sont des instruments encombrants et fixes, étant scellés au mur pour éviter les oscillations irrégulières.

On a construit aussi des pendules petits et transportables. — Le pendule enregistreur de WUNDT est un appareil de ce genre.

Le pendule de PUTNAM permet d'avoir des tracés superposés sur la plaque en faisant le déplacement vertical de tout l'appareil. — A l'aide d'une roue, d'un pignon et d'une corde, on peut, en tournant une manivelle qui se trouve derrière l'appareil, faire monter dans un cadre le support du pendule. — Ce déplacement se fait facilement; car un contre-poids équilibre le pendule.

La plaque enregistreuse du pendule est émaillée; sur sa surface se trouvent tracées des lignes divergentes qui représentent les ordonnées des tracés. Les abscisses, étant donnée la petite longueur du pendule, présentent une courbure très accentuée.

La plaque est maintenue immobile à droite et à gauche par des crochets fixés sur des axes ayant une courbure égale à celle de l'arc décrit par la plaque enregistreuse.

Pour faire l'étude de la contraction des muscles de l'homme, MENDELSSOHN a employé une sorte de pendule enregistreur dont voici la description :

Sur une planchette rectangulaire est articulée une charpente métallique susceptible de se replier en s'accolant à la planchette pour rendre l'appareil peu encombrant et portatif, ou bien de se déployer en formant une sorte de trépied au sommet duquel est suspendu un autre trépied semblable qui oscille librement à son intérieur. A sa partie inférieure, le trépied oscillant porte une plaque métallique courbée suivant une circonférence qui aurait l'axe d'oscillation pour centre. C'est sur cette plaque que le tracé myographique sera recueilli. Pour cela on le recouvre d'un papier que l'on fixe avec deux agrafes, et qu'on noircit à la fumée, puis, portant le trépied intérieur du côté de la branche unique du trépied extérieur à la rencontre d'un ressort, on pousse la plaque contre ce ressort, et on l'y accroche. En appuyant sur une détente, on dégage le crochet qui maintient la plaque, et, par la détente du ressort, celle-ci est projetée d'un mouvement accéléré d'abord, puis uniforme, aussitôt que le ressort est complètement détendu. A partir de ce moment s'inscrivent les indications myographiques, et la plaque, ayant achevé sa course et traversé l'intervalle des deux branches du trépied extérieur, reste

fixée dans cette position par un encliquetage. — A l'intérieur d'une cavité creusée dans la planchette support se trouvent les appareils enregistreurs :

1° Un chronographe, simple tige vibrante munie à son extrémité d'une masse pesante et d'un style inscripteur : cette tige, déviée de sa position, est maintenue par la même pièce qui retient la plaque oscillante ; elle devient libre en même temps que la plaque ; elle vibre 100 fois par seconde.

2° Un tambour de MAREY est placé à côté du chronographe.

La plaque rencontre dans sa course une petite tige métallique qui joue le rôle d'interrupteur. On détermine le moment où l'excitation se produit par la méthode de HELMHOLTZ.

B. Appareils à plaques. — I. Parmi les appareils à plaque, il y en a qui sont mis en mouvement par la détente d'un ressort. Citons parmi ces appareils :

Le *Federmiographion* de DU BOIS-REYMOND. Cet appareil se compose d'une plaque de

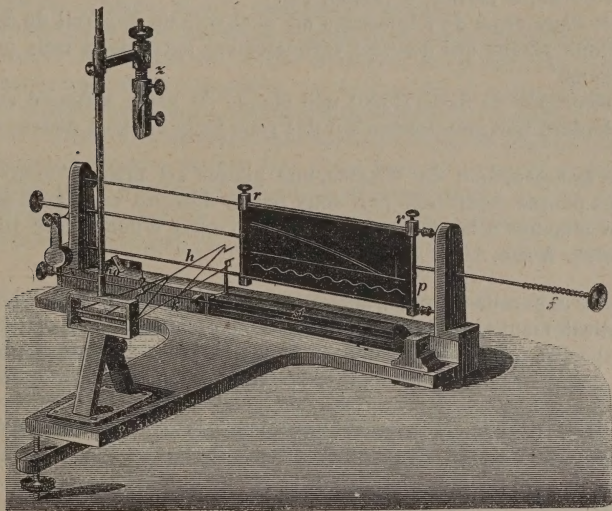


FIG. 83. — *Federmiographion* de DU BOIS-REYMOND.

verre longue de 20 à 25 centimètres et haute de 2 centimètres (*p*) placée verticalement et pouvant se déplacer le long de deux fils d'acier qui la guident. Ces fils sont tendus sur un fort support. A l'une des extrémités du support se trouve un ressort spiral (*f*). Deux tiges d'acier, fixées à la plaque, passent sans frottement par deux trous du support. En tirant la plaque autant que possible vers la gauche, à l'aide d'une des tiges, on comprime le ressort ; quand on lâche la tige, le ressort se détend ; pendant cette détente la plaque est poussée vers la droite. La vitesse de déplacement de la plaque dépend de la force du ressort, du frottement et du poids du système ; elle n'est pas uniforme, elle augmente d'abord pour diminuer ensuite quand la plaque atteint presque l'extrémité de sa course. En employant des ressorts plus ou moins forts, DU BOIS-REYMOND a obtenu les vitesses suivantes : 1 088, 1 536 et 2 522 millimètres par seconde.

Cet appareil présente l'inconvénient d'offrir une place très restreinte pour les tracés.

DU BOIS-REYMOND l'a employé pour faire l'enregistrement de la contraction musculaire. A côté du support de la plaque, son appareil était pourvu d'un support spécial pour les appareils d'enregistrement. La plaque, pendant son mouvement, rompait un contact électrique et par cela provoquait une excitation. Un diapason, qui enregistre ses mouvements sur la plaque, commence à vibrer dès que la plaque commence à se déplacer.

Cet appareil a été perfectionné par FREDERICQ et VANDERVELDE (1880).

Le chronographe de MAC KENDRICK ressemble, dans ses parties essentielles, à l'appareil de DU BOIS-REYMOND, seulement la plaque de verre est portée par un chariot qui se déplace sur des rails.

Le *myographe à ressort* (*Federmysographion*) de MARES (1891) se compose d'une plaque de métal pesant un kilo et se déplaçant horizontalement.

Le mouvement est provoqué par la détente de deux forts ressorts en spirale.

II. La chute d'un poids, au lieu de mettre en mouvement un cylindre, peut provoquer le déplacement d'une plaque enregistreuse.

HARLESS (1860), le premier, a employé un appareil de ce genre, basé sur le principe de la machine d'ATWOOD. Il obtenait de la sorte une vitesse d'un millimètre par 0'',001208 de seconde.

JENDRASSIK (1873) a construit un appareil de grande précision basé sur le principe de la machine d'ATWOOD. En variant le poids moteur, il a obtenu les vitesses suivantes : un millimètre en 0'',00186; 0'',00150; 0'',00133, etc.

A l'*Institut de Physiologie* de KÖNIGSBERG on peut voir un appareil de ce genre, c'est-à-dire formé d'une plaque qui descend verticalement entre deux rails par suite de la descente d'un poids.

Dans le *chronographe* de SMITH (1890) une plaque de verre enfumée est fixée sur un chariot qui se déplace horizontalement sur des rails longs de deux mètres environ.

III. Dans le *kymographion* de WILKINS, une plaque est mise en mouvement par un moteur à eau. La plaque, équilibrée par deux poids, descend verticalement entre deux rails. Une corde attachée à la plaque s'enroule sur l'arbre d'une poulie mise en mouvement par le moteur à eau.

IV. Il existe des appareils enregistreurs formés d'une plaque se déplaçant horizontalement ou verticalement sur des rails, et mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Un tel dispositif, en petit, se retrouve dans des appareils enregistreurs employés en physiologie, comme par exemple dans le *sphygmographe direct* de MAREY.

V. On peut enregistrer un mouvement sur une plaque de verre collée à une branche de diapason, comme l'ont fait KLÜNDER et HENSEN (1868-69). Le diapason portant la plaque se déplaçait verticalement en face de la plume enregistreuse.

§ III. — Appareils enregistreurs à disque tournant.

C'est VALENTIN qui, le premier, en 1855, a employé comme surface enregistreuse un disque circulaire, noirci avec du noir de fumée.

La *toupie myographique* de ROSENTHAL se compose d'un disque de verre, dont le rayon est de 25 centimètres, placé verticalement. — Sur l'axe du disque se trouve une poulie autour de laquelle s'enroule une corde. Cette corde, qui porte un poids, passe sur une poulie fixée à la partie supérieure d'une machine d'ATWOOD. — La chute du poids entraîne le mouvement du disque. — La vitesse de rotation du disque varie entre un tour en 2 secondes, ou un tour en 1 seconde 1/2. — En général, le disque fait un tour en 0'',75; un centimètre de la périphérie du disque correspond à 0'',003; comme vitesse maximum on a 2 millimètres en 1/1000 de seconde.

CLOPATT (1900), dans ses recherches myographiques, a employé aussi un disque de verre placé verticalement; le système d'entraînement par un poids est analogue à celui qu'a employé FICK, pour mettre en mouvement un cylindre.

Presque tous les constructeurs d'instruments ont construit des appareils enregistreurs plus ou moins différents les uns des autres. — Voici les noms de quelques constructeurs d'appareils employés en physiologie:

ALBRECHT (Tübingen); BIANCO et CORINO (Turin); FUESS (Steglitz); KORVISTKA (Milan); KRUSICH (Prague); NOYER (Londres); PETZOLD (Leipzig); PEYER et FAVARGER (Neuchâtel); REICHERT (Vienne); RICHARD (Paris); SANDSTRÖM (Lund); SCHMIDT (Giessen); SIEMENS et HALSKE (Berlin); SPERI (Sienne); Cambridge Scientific Instrument Company; TAINURIER (Paris); VERDIN (Paris); ZAMBELLI (Turin); ZIMMERMANN (Leipzig).

II

Régulateurs et Rouages

§ I. — Régulateurs.

La qualité essentielle d'un appareil enregistreur étant la régularité de ses mouvements, il nous paraît intéressant de donner ici quelques aperçus sur les régulateurs chargés d'uniformiser les mouvements des moteurs qui commandent les déplacements des surfaces enregistrantes.

1. Les régulateurs usités en horlogerie comprennent les types suivants : *a*) le pendule simple ; *b*) le balancier entretenu par une lame vibrante, telle qu'un ressort en spirale ; *c*) le régulateur conique, et *d*) le régulateur à ailettes.

Les deux premières (*a* et *b*) formes de régulateurs entretiennent une régularité parfaite des mouvements des montres et des horloges. Ils présentent l'inconvénient de donner aux rouages une marche saccadée, car le pendule et le spirale agissent par l'intermédiaire de l'échappement qui arrête périodiquement les rouages. — HIPP a essayé de remédier à cet inconvénient en employant comme rouage de réglage une lame métallique vibrant un grand nombre de fois. Une pièce fixée à ce ressort appuie sur la dent d'une roue à rochet reliée au rouage moteur et ne laisse passer qu'une dent par oscillation. Le mouvement est saccadé, mais les arrêts sont tellement rapprochés, qu'au point de vue pratique l'appareil peut être considéré comme animé d'un mouvement continu.

c) Le *pendule conique* est un pendule nommé ainsi parce que, au lieu d'osciller comme le pendule ordinaire dans un plan vertical, il décrit dans un plan horizontal un cercle qui est la base d'un cône ayant pour sommet le point de suspension. Cet excellent régulateur ne présente pas des mouvements saccadés.

Le pendule conique ou centrifugal a été appliqué au chronographe de FUESS par FECKER. Le poids constituant le pendule, suspendu par un double ressort en spirale, est entraîné par le rouage du mécanisme d'horlogerie. Plus la vitesse du mouvement est grande, plus le poids s'écarte du centre. Le déplacement du poids vers la périphérie provoque la flexion du ressort, ce qui accroît la résistance. Cette augmentation de la résistance entraîne la diminution de la vitesse du mouvement.

d) Les *régulateurs à ailettes* sont excellents pour les appareils enregistreurs de grande vitesse. Leur application à la régularisation des mouvements est très ancienne. Avant la découverte des propriétés du pendule, le *régulateur à palettes* était le seul moyen connu de régulariser les mouvements des horloges. De nos jours, déchu d'un tel honneur, il n'a plus que la modeste mission de régulariser les mouvements des tournebroches.

Les régulateurs à ailettes, par leur poids, agissent comme *volant* et entretiennent la régularité du mouvement quand le travail moteur et le travail résistant viennent à subir de brusques variations ; par leur surface, ils agissent en régularisant la vitesse quand celle-ci devient trop grande ; car, plus la vitesse est grande, plus la résistance que les lames présentent à l'air est considérable.

Le *régulateur* de FOUCAULT est le type des régulateurs les plus employés pour la régularisation des cylindres enregistreurs employés en physiologie. Ce régulateur se compose essentiellement de deux ailettes triangulaires, munies de petites masses additionnelles et suspendues au sommet d'un axe en relation avec les rouages d'un mouvement d'horlogerie par un pignon et une roue de champ. Ces deux ailettes sont rapprochées à leur base par des ressorts à boudin, de sorte que, quand l'appareil est en mouvement, elles peuvent s'écarter plus ou moins sous l'influence de la force centrifuge et décrivent pendant leur rotation un cône à base plus ou moins large.

Le régulateur d'YVON VILLARCEAU est plus parfait que le précédent. Dans ce régulateur, les deux ailettes et les tiges de réglage qu'elles portent, sont reliées à la partie inférieure de la tige articulée qui est au-dessus. Quand la rotation s'effectue, les ailettes et les

masses s'écartent en vertu de la force centrifuge, les tiges articulées se redressent et la douille centrale mobile à laquelle elles sont fixées se relève. Ce régulateur peut prendre des vitesses qui varient du simple au double, suivant que l'appareil est incliné ou vertical.

2. Pour maintenir constante la vitesse d'un moteur électrique, on emploie des régulateurs spéciaux.

a) Voici la description du régulateur électrique de D'ARSONVAL : sur la poulie motrice qui termine l'axe de la machine électrique, se trouve fixée une lame de ressort plat, dont les deux extrémités sont pincées sous une plaque tenue par des vis à l'extrémité de la poulie. Ce ressort prend une forme circulaire par sa propre élasticité. Lorsqu'on veut une grande précision, on munit le ressort de deux masses égales placées symétriquement par rapport à l'axe de rotation. En face de ce ressort, et sur le prolongement de l'axe de rotation, se trouve une vis portée par une potence faisant corps avec le bâti qui porte le moteur. Cette vis est munie d'un contre-écrou servant à la fixer dans sa position. Elle peut naturellement s'approcher plus ou moins du ressort en la faisant avancer dans l'écrou qui la porte.

Le courant passe par la pointe du ressort, de là dans l'anneau du moteur et de l'anneau dans les inducteurs pour ressortir par la borne la plus éloignée. Le jeu de l'appareil est le suivant : dès que le courant traverse le moteur, l'anneau se met à tourner, et avec lui la poulie et le ressort circulaire qui lui sont solidaires. Sous l'influence du courant, la vitesse de rotation s'accélère, jusqu'à ce que la force centrifuge développée par la rotation aplatisse suffisamment le ressort circulaire pour l'obliger à quitter la pointe et rompre par conséquent le courant. Le moteur n'étant plus traversé par le courant, sa vitesse diminue, et le ressort venant alors de nouveau au contact de la pointe le courant se rétablit, et ainsi de suite.

Le ressort oscille donc, sous l'influence de la force centrifuge, entre deux positions extrêmement voisines, puisqu'un centième de millimètre d'écart est suffisant pour rompre le circuit. Par suite, la vitesse du moteur est astreinte à rester constante. Les masses qu'on met sur le ressort permettent de sensibiliser l'appareil.

b) Pour régler la vitesse d'un petit moteur électrique, HELMHOLTZ faisait interrompre le courant par un régulateur à boules.

c) Toujours par l'intermédiaire d'un régulateur centrifugal, on peut avoir le réglage d'un moteur quelconque de la façon suivante. Dans le circuit d'un courant interrompu par le régulateur centrifugal, on intercale deux électro-aimants qui agissent sur un frein qui arrête le mouvement d'un mécanisme d'horlogerie commandé par la chute d'un poids.

d) On emploie aussi comme régulateur électrique un *vibrateur-alternateur*.

§ II. — Rouages.

La facilité avec laquelle on peut faire varier la vitesse du mouvement d'un cylindre enregistreur est une qualité importante de ces appareils.

L'amplification et la réduction de la vitesse du moteur s'obtiennent généralement à l'aide d'un système d'engrenage particulier. — En variant les rapports entre le nombre des dents des roues et des pignons, on obtient la vitesse voulue. Par exemple, si un pignon de six dents engrène avec une roue ayant 10 fois plus de dents, la roue fera un dixième de tour pendant que le pignon en exécutera un entier.

Ces rouages de transmission, qui sont intercalés entre le moteur et l'arbre qui porte le cylindre enregistreur, doivent être travaillés avec grand soin. — Un régulateur parfait ne suffit pas pour avoir un mouvement uniforme du cylindre enregistreur, il faut que les rouages soient aussi parfaits. — Le régulateur et le rouage de transmission constituent deux parties distinctes ; le premier ne peut être assujéti à corriger les erreurs du second.

III

**Styles enregistreurs. — Leviers. — Inscription tangentielle
Inscription frontale**

Le mouvement qu'on désire enregistrer est transmis, directement ou indirectement, à un style. Il est rare que le style ne soit qu'une simple tige se déplaçant parallèlement à la génératrice du cylindre sur lequel elle inscrit ses mouvements; le plus souvent, l'organe traceur du mouvement se présente sous la forme d'un levier.

§ I. — *Leviers.*

Un levier enregistreur se compose d'une tige présentant à une de ses extrémités une articulation et à l'autre une plume. Le mouvement étudié est transmis, à l'aide d'organes spéciaux, particuliers à chaque espèce d'appareil, à un point du levier plus ou moins rapproché de l'axe de mouvement; l'extrémité du levier portant la plume, est rapprochée de la surface enregistrante sur laquelle elle inscrit les mouvements qui lui sont imprimés. — Ces mouvements sont d'autant plus amplifiés que le levier est plus long et que les mouvements étudiés sont transmis à un point très rapproché de l'axe de mouvement du levier. — Le levier est une sorte de microscope du mouvement.

1. Le levier peut être complètement métallique, par exemple en aluminium, ou bien n'être composé que d'une partie métallique, celle qui constitue l'axe et le bras auquel on attache le corps dont on étudie les mouvements, et dans la plus grande partie de sa longueur, celle qui porte la plume inscrivante, être formé d'un mince brin de paille ou d'une lame fine de jonc ou de bambou.

L'axe du levier est constitué par deux pointes fines qui appuient, sans frottement, sur deux vis portées par un support. — Le corps dont on étudie le mouvement peut être attaché, à l'aide d'un crochet ou d'une goupille, à un manchon mobile sur la partie métallique du levier ou à un des trous percés dans cette partie de levier. — En variant la position du point d'attache du corps par rapport à l'axe, on varie l'amplification du tracé inscrit par l'extrémité du levier. — Par exemple, si la longueur totale du levier est de 200 millimètres, et si le point d'attache est une fois à 5 millimètres et une fois à 10 millimètres de l'axe, l'amplification du mouvement donné sera de 40 dans le premier cas et de 20 dans le second.

2. Rien de plus simple que d'improviser un levier enregistreur : on prend un brin de paille, on le transperce à l'aide d'une aiguille chauffée au rouge; on place dans ce trou une tige d'acier (une épingle par exemple) fixée par ces deux bouts dans une sorte de petit cadre en liège; on fixe à l'extrémité de ce levier une plume, et on place le levier sur le corps à étudier, ou'on l'attache à ce corps par un fil si l'on ne peut l'en rapprocher.

HELMHOLTZ et PFLÜGER ont employé dans leurs appareils des leviers métalliques en forme de cadre.

FICK s'est servi de leviers formés de deux bandes de jonc collées ensemble.

ROSENTHAL remplissait un brin de paille d'une solution chaude de colle, et le mettait ensuite immédiatement dans une presse pour le presser jusqu'à ce que la colle se fût solidifiée; il obtenait ainsi d'excellents leviers, très légers, larges de deux millimètres.

3. Si l'on veut que le poids du levier n'intervienne pas dans le phénomène qu'on étudie, il faut équilibrer le poids du bras de levier à l'aide d'un poids placé sur la partie du levier qui se trouve de l'autre côté de l'axe du mouvement. — La parfaite équilibration peut être obtenue à l'aide d'un petit cavalier ou d'un poids mobile sur une vis. — Quand il s'agit de leviers comme ceux qu'on emploie en physiologie, et qui sont très légers, on peut improviser l'équilibration, en collant une épingle tout près de

l'axe du levier, de façon que la tête de l'épingle, passant de l'autre côté de l'axe, serve de contrepoids.

L'équilibration des leviers, bonne pour les cas où il s'agit de l'enregistrement des mouvements lents, est tout à fait nuisible quand il s'agit de l'enregistrement des mouvements rapides. On en comprendra facilement les raisons quand on aura lu le chapitre consacré à l'inertie des leviers.

Quand on veut obtenir une grande amplification d'un mouvement, on peut employer un levier double composé de deux leviers superposés (fig. 84). Le mouvement à enregistrer transmis au plateau (p) fixé au premier levier h^1 ; ce levier le transmet au deuxième levier h^2 . — Le poids (g), mobile sur une tige équilibre le levier.

La figure 84 représente, schématiquement, un levier accroché au corps dont on étudie les mouvements.

Comme, dans ce cas, le poids du levier ne suffit pas à ramener le levier à sa position

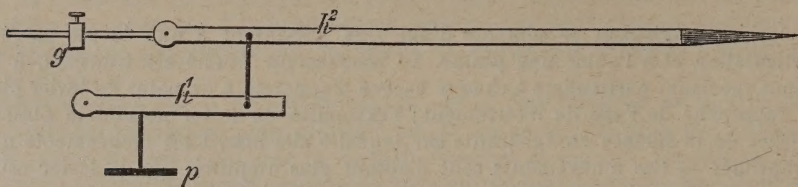


FIG. 84. — Plume avec levier double.

primitive, après la cessation d'un mouvement, on accroche au levier un plateau dans lequel on met un poids. En général le fil qui porte le poids, au lieu d'être accroché directement au levier, s'enroule sur une poulie fixée à l'axe du levier.

En réfléchissant le fil qui sert d'attache entre le corps mobile et le levier, et entre le levier et le poids, sur des poulies, on peut enregistrer verticalement ou horizontalement le mouvement d'un corps qui occupe n'importe quelle position.

§ II. — Plumes.

L'enregistrement des mouvements lents peut être fait soit à l'aide de crayons, soit à l'aide de plumes à encre. L'enregistrement des mouvements rapides se fait à l'aide de plumes très légères qui grattent le noir de fumée de la surface enregistrante.

La matière dont sont faites les plumes enregistrantes pour inscription sur noir de fumée est variable; on en fait en corne mince, en papier, en clinquant, en baleine, en mica. Un brin de crin, un fil de verre, une petite pointe en acier, constituent souvent d'excellentes plumes. La condition essentielle que doit présenter une plume est que sa souplesse ne soit pas trop grande, afin d'éviter les boucles quand les mouvements sont très rapides.

Les plumes sont, soit collées directement à l'extrémité du levier enregistreur, soit collées sur un petit manchon qu'on fixe à l'extrémité du levier.

Quand on fait l'enregistrement sur une feuille de papier blanc, on emploie des plumes à encre.

L'encre est formée d'une solution d'aniline (violet de méthyle, par exemple) dans laquelle on a ajouté de la glycérine pour éviter la dessiccation trop rapide.

LUDWIG a employé, comme plumes enregistrantes, des plumes de moineau ou de loriot, coupées en pointes fines et bien polies; il a employé aussi de petits tubes de verre à réservoir, comme ceux représentés par la figure 85, qu'il remplissait d'une solution d'aniline.

Les tubes, au lieu d'être en verre, peuvent être en caoutchouc. C'est ROSENTHAL (1862) qui a décrit pour la première fois l'emploi de petits tuyaux à encre.

DEW-SMITH a imaginé un dispositif composé d'un tube capillaire en argent qui aspire sa provision d'encre contenue dans un réservoir.

VOLKMANN a employé de petits pinceaux à l'encre de Chine.

WESTIEN a employé des plumes d'oie ou de pigeon taillées comme une plume ordinaire. La solution qu'il recommande se compose de 1,8 parties de noix de galle, de 7 parties de gomme arabique, de 7 parties de vitriol martial et de 96 parties d'eau. Ce mélange, bien secoué, n'est filtré qu'après plusieurs semaines. L'inscription doit se faire sur un papier très glissant.

MOROKHOVETZ emploie des plumes en ébonite à réservoir cylindrique. — Le réservoir est muni à sa partie inférieure d'un tube horizontal à bec court, courbé dans le même plan horizontal. — On introduit dans le réservoir un fil que l'on coupe en biais, après qu'il a traversé la branche horizontale. Non seulement ce fil empêche l'encre de couler, mais encore il trace une courbe très fine lorsque sa pointe appuie sur le papier.

Le moyen d'enregistrement à encre le plus répandu est la plume RICHARD qui se place à l'extrémité d'un style d'aluminium très léger et très souple. Cette plume est constituée par un petit récipient métallique, dans lequel on dépose une goutte d'encre spéciale ne séchant que sur le papier; elle possède une petite queue avec deux agrafes à l'aide desquelles on l'enfile sur l'extrémité du style. Une vis permet de régler la position de la plume de manière que sa pointe vienne simplement effleurer le papier sans qu'il y ait un frottement appréciable; de cette façon, une fois la plume amorcée, l'encre se dépose par capillarité sans gêner le mouvement.



Fig. 85. — Plume RICHARD.

Dans le but de remplacer le léger frottement de glissement de ce dispositif par un frottement de roulement, on emploie quelquefois une plume à molette (ARNOUX). La molette est composée de deux petites calottes sphériques dont les bords sont séparés par un petit disque de matière poreuse; quand la molette est garnie d'encre, le disque s'en imprègne, et laisse une trace sur le papier.

§ III. — Qualités d'un bon style enregistreur.

Un style enregistreur doit être aussi léger que possible, pour que son inertie ne modifie pas le mouvement qu'on veut étudier; il doit être parfaitement flexible dans le sens suivant lequel il rencontre le papier, et parfaitement rigide dans l'autre sens. En effet, si le style n'était pas flexible dans le sens de la pression qu'il exerce sur le papier, la moindre irrégularité de la surface enregistrante créerait des frottements énergiques, ou bien le contact du style avec le papier cesserait. — Au contraire, le style doit avoir une grande rigidité dans le sens transversal; car, si le style était flexible dans tous les sens, les mouvements étudiés seraient entièrement absorbés par cette flexion.

De plus, le style ne doit pas gripper sur les rugosités du papier, et sa position doit être telle qu'il puisse être toujours en contact avec la surface enregistrante. Pour cela, le style doit rencontrer le papier sous une incidence très oblique, et, avant de placer le style, il faut observer dans quel sens se fait le déplacement de la surface enregistrante: le papier doit fuir la pointe inscrivante et non pas aller à sa rencontre.

§ IV. — Enregistrement par traits continus, discontinus ou pointage.

L'enregistrement d'un mouvement peut se faire d'une façon *continue* ou *discontinue* ou par *pointage*.

En général, quand il s'agit d'étudier des mouvements délicats, l'enregistrement est continu. — Pourtant EWALD, pour éviter l'influence nuisible qu'exerce le frottement sur la forme des courbes, a imaginé de tracer les courbes par traits discontinus en tenant la plume éloignée de deux millimètres environ de la surface enregistrante, et de ne la laisser toucher cette surface que de temps en temps.

Dans l'enregistrement discontinu ou par pointage, le style enregistreur, muni à son extrémité d'une plume à encre, d'un crayon ou d'une pointe métallique, est tenu éloigné de la surface enregistrante au moyen d'un ressort. De temps en temps, à intervalles réguliers, un petit marteau, actionné par un électro-aimant, vient appuyer sur le

style. — On obtient ainsi, sur le papier, un point ou un trou. — Dans certains appareils, la bande de papier, sur laquelle se fait l'enregistrement, est placée entre un ruban chargé d'une matière colorante et l'extrémité du style formée par un tampon. Quand le marteau appuie sur le style, la surface postérieure du papier touche le ruban chargé d'encre. — De cette façon, on obtient sur le papier, à chaque appui du marteau, une tache colorée.

§ V. — *Inscription tangentielle. — Inscription frontale.*

La plume enregistreuse peut occuper, relativement au cylindre enregistreur, deux sortes de positions : 1^o elle peut être placée de côté, latéralement ; 2^o elle peut être placée normalement à la surface enregistreuse. Dans le premier cas, on dit que l'inscription est tangentielle ; dans le second cas, elle est frontale.

a) *Inscription tangentielle.* — 1) Quand la plume se déplace parallèlement à la génératrice du cylindre enregistreur, c'est-à-dire quand le style enregistreur n'est pas un levier, la courbe tracée est la reproduction fidèle du mouvement transmis à la plume ; quand le style enregistreur est un levier, le tracé obtenu n'est pas la reproduction fidèle du mouvement qu'on enregistre. — En effet, la plume trace un arc de cercle dont le rayon est égal à la longueur du levier. Rigoureusement, les courbes tracées ont pour coordonnées des abscisses rectilignes et des ordonnées curvilignes.

2) Si l'on prenait des tracés sur des surfaces planes, la déformation précédente serait la seule déformation imposée aux courbes par l'inscription tangentielle. — Quand on enregistre un mouvement sur une surface cylindrique, comme on le fait le plus souvent, on observe de ce fait encore une autre déformation que voici. La plume enregistreuse, au lieu de tracer une courbe plane, trace en réalité une courbe dans l'espace. La courbe obtenue devrait donc être rapportée à un système de trois coordonnées. Cette déformation de la courbe est due à la flexibilité du levier. Elle ne peut être évitée ; car cette flexibilité est nécessaire à l'enregistrement. Un levier rigide qui ferait ses mouvements rigoureusement dans un plan, ne pourrait enregistrer ses mouvements sur une surface cylindrique ; car, forcément, à certains moments, il quitterait la surface du cylindre ; c'est grâce à une certaine mobilité de la plume dans un plan normal à la surface enregistreuse que l'inscription continue peut avoir lieu.

C'est ROLLET, le premier, qui a attiré l'attention sur cette déformation des tracés. D'après ses déterminations empiriques, et d'après les calculs de DANTSCHER, il résulte que l'erreur introduite par cette déformation est très petite. — Elle est d'autant moins importante que le cylindre enregistreur est plus grand.

3) Pour qu'une plume porte bien sur toute la surface enregistreuse, elle doit être à la fois *rigide* pour la direction du mouvement et *flexible* pour l'inscription. Il est difficile de réunir dans un même organe ces deux qualités contradictoires.

Pour les concilier, HOSPITALIER a imaginé un dispositif qui consiste, en principe, à séparer, tout en les laissant solidaires, l'organe de direction du mouvement et l'organe d'inscription, et à réaliser, avec un système directeur de faible rayon, un enregistrement dont les ordonnées ont un rayon assez grand pour que l'inscription se rapproche sensiblement de celle que donnerait un enregistreur dont la plume décrirait un arc de cercle de rayon infini.

L'aiguille directrice consiste en un levier rigide monté sur l'organe dont on veut enregistrer le mouvement. Une de ses extrémités, celle qui est la plus éloignée de l'axe de rotation, se termine par une fourche dans laquelle vient s'engager le levier portant la plume. Cette fourche décrit, pendant l'enregistrement, le chemin que décrirait un levier enregistreur ordinaire.

La plume d'inscription est constituée par un levier de grande longueur, dont l'une des extrémités pivote autour d'un axe parallèle à celui de l'enregistreur, mais en est éloignée d'une distance sensiblement égale à la différence des longueurs des deux leviers. Son autre extrémité s'engage dans la fourche de l'aiguille directrice, et porte, un peu au delà de cette fourche, la plume inscrivante qui peut être quelconque (plume RICHARD, roulette CHAUVIN-ARNOUX, tube capillaire renfermant de l'encre, fil de crin pour enregistrement sur papier enfumé, etc.). — Pendant que la fourche décrit un arc de cercle de

petit rayon, la plume décrit un arc de grand rayon. En donnant au levier qui la porte une longueur suffisante, cet arc peut, dans les limites de la largeur du cylindre, se confondre sensiblement avec la tangente en son milieu. Le point de contact de la plume avec le papier s'éloigne ainsi fort peu d'une génératrice, et l'inscription se fait avec une égalité parfaite dans toute l'étendue du cylindre. La plume et son levier peuvent donc être proportionnés pour satisfaire aux conditions de souplesse et de réglage de l'inscription, et de l'inscription seule, puisque la direction de la plume est confiée à un autre organe auquel on donne, de son côté, toute la rigidité nécessaire pour remplir exactement cette fonction directrice.

Le levier directeur et le levier inscrivant décrivant des arcs de cercle de rayons différents, il en résulte que le levier portant la plume glisse légèrement, animé d'un mouvement de va-et-vient, dans la fourche ménagée sur le levier de direction. Le levier et la fourche doivent être combinés pour faciliter ce déplacement relatif. Dans ce but, la tige de la plume est bien polie dans la région du glissement, et la fourche est taillée en biseau ou arrondie sur les côtés pour permettre les légers déplacements angulaires

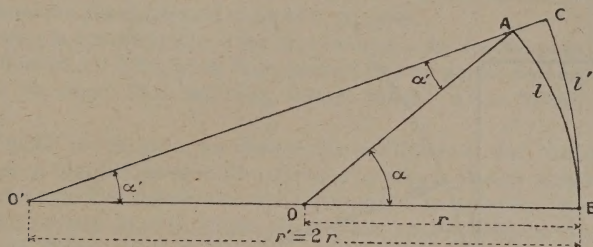


FIG. 86. — Dispositif de HOSPITALIER pour la correction des arcs de cercle.

relatifs des deux organes. Elle est articulée à son attache par un joint à la CARDAN, qui permet à la plume de se déplacer librement et d'exercer sur le papier une pression constante réglée par son propre poids en partie équilibré par un contrepoids à vis mobile à volonté. — L'axe vertical permet des déplacements pour la direction, l'axe horizontal les légers déplacements en hauteur nécessités par le mouvement de la plume sur le système enregistreur.

Le levier inscripteur peut d'ailleurs être monté verticalement, tandis que le levier directeur reste horizontal.

L'inscription de la courbe se fait presque rigoureusement sur la génératrice du cylindre enregistreur, et la plume, indépendante et facilement réglable, ne produit aucun raté d'inscription.

Ce dispositif sera utilisé avec avantage dans tous les cas où l'allongement de l'appareil, résultant de l'emploi d'une plus longue aiguille, ne constitue pas une sérieuse objection à cet emploi.

Il est facile de démontrer que la différence de longueur entre les deux ordonnées curvilignes, l'une correspondant à la valeur théorique pour l'aiguille donnée, et l'autre à l'ordonnée redressée par la plume, est absolument nulle.

En effet, si l'angle α , décrit par l'appareil de mesure, est proportionnel à la grandeur à mesurer, il est facile de voir qu'en faisant $OO' = r = \frac{r'}{2}$, le triangle $OO'A$ est isocèle ; il en résulte que :

$$\alpha = 2 \alpha'$$

L'arc AB de longueur l est égal à l'arc BC de longueur l' , et l'appareil reste rigoureusement proportionnel.

b) *Inscription frontale.* — Dans ce genre d'inscription, la plume, fixée à une partie mobile de l'extrémité du levier, décrit ses mouvements dans une direction parallèle à la génératrice du cylindre enregistreur.

Pour enregistrer les contractions musculaires, HELMHOLTZ (1852) a employé ce genre d'inscription. A l'extrémité d'un levier se trouve articulée une tige verticale sur laquelle est fixée la plume. — Cette première tige porte une deuxième tige sur laquelle on peut déplacer un poids. En rapprochant ce poids de la tige qui porte la plume, on rend de plus en plus intime le contact entre la plume et la surface enregistrante.

On peut, au lieu d'avoir un poids qui assure le contact de la plume avec la surface enregistrante, employer un ressort. Ce dispositif existe dans l'appareil de HELMHOLTZ qui se trouve à l'Institut de Physiologie de Königsberg, et qui est un des premiers instruments de ce genre.

Un dispositif analogue a été employé par HERMANN; mais la plume est fixée sur la partie la plus convexe d'un ressort fixé à l'extrémité du levier.

Dans le dispositif employé par FICK, entre la plume et l'extrémité du levier, il y a un ressort en forme d'étrier.

Un dispositif spécial a été employé par LUDWIG et est encore en usage dans le labo-

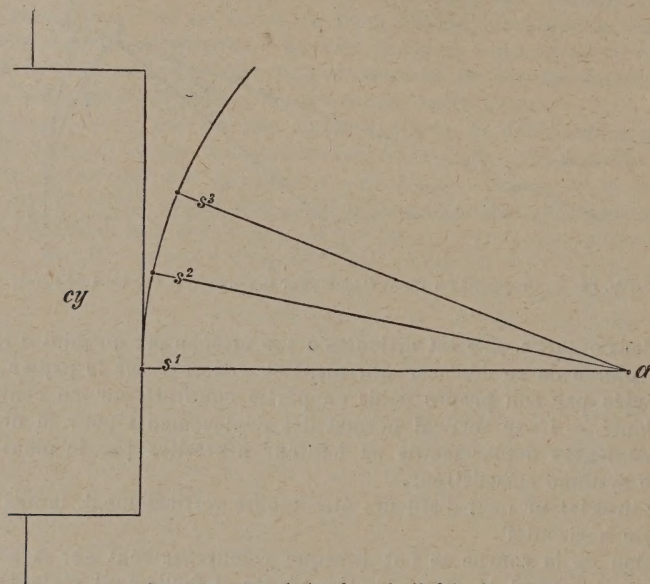


FIG. 87. — Inscription frontale (Schéma).

ratoire de Leipzig. L'extrémité du levier se termine par une sorte de fourche qui supporte un axe très fin. Une aiguille incurvée est mobile sur cet axe. L'extrémité inférieure de cette aiguille appuie sur la surface enregistrante; son extrémité supérieure est attachée au bout d'un fil en caoutchouc. L'autre bout de ce fil est attaché à une pièce mobile sur le levier. Suivant la direction du fil en caoutchouc, l'aiguille appuie plus ou moins sur la surface du cylindre enregistreur.

Dans le dispositif employé par VIERORDT la plume s est fixée à une sorte de parallélogramme de WATT p porté par deux leviers a^1 et a^2 . Le mouvement qu'on étudie est transmis au levier a^2 .

Dans l'inscription frontale, avec n'importe quel dispositif mécanique, le mouvement étudié ne s'inscrit pas dans toutes ses phases avec la même amplification. Quand le levier est soulevé, le bras de levier enregistreur est plus long que quand le levier est en bas; les amplifications sont donc moins grandes quand le mouvement commence. Par contre, le frottement est beaucoup plus grand au commencement du mouvement que quand le mouvement atteint son maximum.

La figure 87 montre comment, au fur et à mesure que le levier a^1 s'élève en s^2 et s^3 , il faut, pour que la plume touche toujours la surface enregistrante, que le levier s'allonge. Cet allongement est obtenu grâce à la mobilité de la partie qui supporte la plume.

IV

**Transmission à distance
par l'air ou par l'intermédiaire d'une colonne liquide.**

L'enregistrement des mouvements des corps qui ne peuvent pas être rapprochés d'une surface enregistrante est obtenu grâce à des moyens spéciaux de transmission. — Ces moyens permettent aussi d'enregistrer simultanément, sur une même surface enregistrante, des mouvements qui ont lieu dans des endroits éloignés les uns des autres. Les courbes ainsi obtenues montrent les relations qui existent entre les phénomènes synchrones.

La transmission d'un mouvement par la pression de l'air est assez ancienne. En 1834, GALT CAZELAT, en France, et L. CLARKE, en Angleterre, ont fait breveter des moyens pour faire avancer par l'air raréfié ou comprimé, dans des tuyaux fermés, des boîtes en fer-blanc qui contenaient des lettres ou des petits paquets.

En physiologie, la transmission d'un mouvement a été tentée pour la première fois par UPHAM, de Boston, en 1839, pour faire percevoir à un public nombreux la succession des battements du cœur d'un individu, GROUX, atteint d'une fissure congénitale du sternum.

UPHAM appliquait sur la peau, au devant des oreillettes et des ventricules, de petits entonnoirs en verre remplis de mercure, dont les pavillons étaient fermés par des membranes en caoutchouc. Les entonnoirs étaient remplis de mercure; leurs tubes étaient prolongés par des tuyaux en caoutchouc pleins d'air. Le déplacement d'air, produit dans ces tuyaux par le déplacement du mercure, actionnait deux sonneries de timbres différents; la succession de ces deux sons révélait à l'oreille celle des mouvements des oreillettes et des ventricules du cœur.

Dans une brochure publiée par GROUX (*Fissura sterni congenita, New Observ. and experim.*, 2^e Edit., Hambourg, 1839) on trouve la figure de l'appareil d'UPHAM.

BUISSON (1839) réalisa le premier une véritable transmission par l'air, en prenant deux entonnoirs de verre et en les réunissant par un tube en caoutchouc. Les pavillons des entonnoirs étaient fermés par des membranes en caoutchouc. A l'aide de ce dispositif, les mouvements les plus légers pouvaient être transmis à distance.

En appliquant la membrane d'un des entonnoirs sur la carotide d'un homme et en faisant agir la membrane du second entonnoir conjugué au premier sous le levier d'un sphymographe, BUISSON a obtenu à distance le tracé très fidèle du pouls carotidien. Il a obtenu de même des tracés cardiographiques en plaçant un des entonnoirs sur la région précordiale.

MAREY s'est emparé de cette idée de transmission au moyen d'une colonne d'air, et, en lui donnant une grande extension, il en a agrandi considérablement le champ d'application.

En 1861, MAREY et CHAUVEAU, dans leurs mémorables recherches sur les mouvements du cœur, se sont servis de la transmission par l'air. Les entonnoirs de Buisson furent alors remplacés par des appareils spéciaux: d'une part des *ampoules exploratrices* qu'ils placèrent dans les cavités du cœur; d'autre part des *ampoules réceptrices* qui, par leur gonflement, soulevaient les leviers des sphymographes enregistreurs.

§ I. — *Transmission aérienne.*

Le principe de cette méthode d'enregistrement est le suivant :

Un espace clos, déformable, est mis en relation avec le corps dont on désire étudier les mouvements. Ces mouvements provoquent des déformations de la membrane élastique qui ferme l'espace clos. Ces déformations donnent naissance à des variations de pression à l'intérieur de l'espace clos (ampoule ou tambour explorateur). Ces variations sont transmises par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc à un deuxième espace clos, formé essentiellement d'une membrane élastique déformable. Les variations de

pression mettent en mouvement cette membrane élastique de l'appareil récepteur (second espace clos). Les mouvements de la membrane du deuxième espace clos sont la reproduction, en sens inverse, des mouvements de la membrane du premier espace clos. En enregistrant à l'aide d'un levier les mouvements de l'appareil récepteur, on a la forme des mouvements du corps qui agit sur l'appareil explorateur (premier espace clos).

Les *appareils enregistreurs*, dans la transmission par l'air, affectent trois sortes de formes : 1° de *tambour* ; 2° de *piston* ; 3° de *soufflet*.

Dans le *piston-recorder*, il n'y a pas de membrane déformable. Dans cet appareil, l'air ne fait que se déplacer entre l'appareil explorateur et la partie mobile de l'inscripteur, tandis que dans le *tambour à levier* l'air subit à la fois une compression et un léger déplacement.

Le *soufflet enregistreur*, comme le *piston-recorder*, est un appareil à déplacement.

Les *appareils explorateurs* des mouvements affectent des formes très diverses, selon

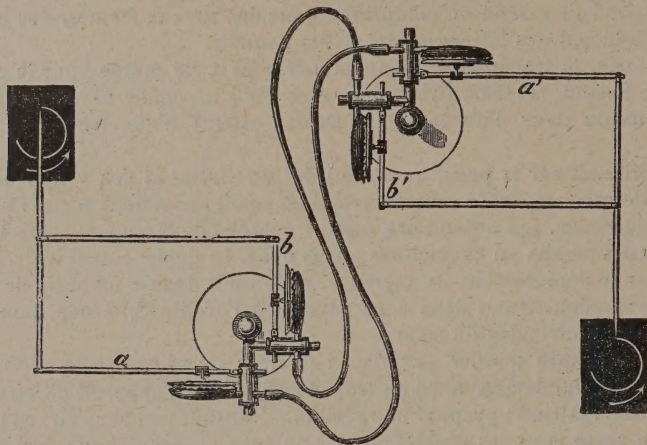


Fig. 88. — Deux tambours explorateurs, dont les leviers (*a* et *b*) sont reliés entre eux, transmettent le mouvement qu'on imprime à leur tige commune à deux tambours récepteurs, dont les leviers (*a'* et *b'*) tracent fidèlement la forme du mouvement reçu.

l'organe auquel ils s'appliquent. On en trouvera les descriptions dans les chapitres consacrés à l'étude des applications de la méthode graphique en physiologie. — Pourtant, quelle que soit leur forme, leur partie essentielle est presque toujours un *tambour à air*, c'est-à-dire une cuvette métallique sur laquelle est tendue une membrane de caoutchouc ; sur cette membrane se trouve le plus souvent collé un disque métallique, qui, par des pièces intermédiaires, est mis en relation avec l'organe dont on veut étudier les mouvements.

A) Le *tambour enregistreur* de MAREY se compose d'une cuvette métallique circulaire (de 30 à 50 millimètres de diamètre) à bords recourbés. Sur ces bords est attachée une membrane de caoutchouc. Sur cette membrane est collé un petit disque d'aluminium ; au centre du disque est fixée une pièce d'articulation ; cette pièce relie la membrane à un levier inscripteur. La double articulation est nécessaire pour assurer la mobilité parfaite du levier. Celui-ci à l'une de ses extrémités tourne librement autour d'un axe horizontal.

Le levier est métallique en partie. Dans un manchon qu'il supporte on place une lame de bambou, de jonc, ou une tige de paille qui porte à son extrémité une plume en corne ou en papier. La forme du levier enregistreur est donc identique à celle des leviers qui inscrivent directement un mouvement quelconque.

La partie métallique de ce levier présente une fente, le long de laquelle glisse la pièce à double articulation qui réunit le levier à la membrane du tambour. Ce glissement a pour effet d'amplifier ou de diminuer l'étendue des oscillations. Un même déplacement de la membrane du tambour imprimera au levier une oscillation d'autant plus grande

que ce déplacement sera transmis par la pièce intermédiaire à un point plus rapproché de l'axe de pivotement du levier.

En faisant glisser le long du levier la pièce qui termine en haut la pièce intermédiaire entre le levier et le tambour, celle-ci cesse d'être verticale. Pour la redresser, on tourne une vis de réglage qui, faisant avancer ou reculer le tambour, le ramène au-dessous du point où le mouvement de la membrane se transmet au levier dans les conditions les plus favorables. Un levier solidaire du support de l'axe du levier sert à

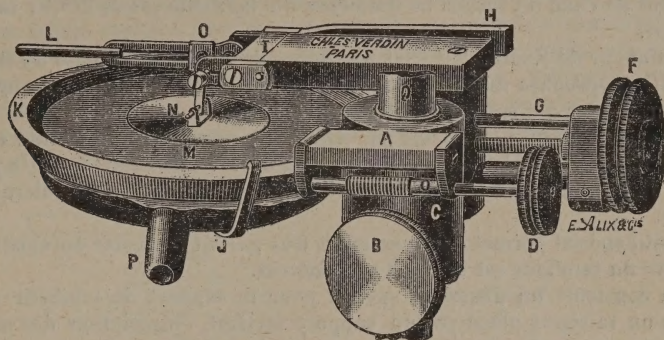


FIG. 89. — Tambour enregistreur de MAREY.

donner à la plume une position convenable dans le plan vertical et le ramène à l'horizontalité. La longueur du levier du tambour varie de 10 à 15 centimètres.

RUMMO a perfectionné le tambour enregistreur de MAREY en ajoutant à la virole, qui sert à fixer le tambour sur un support, une vis tangente qui permet de mettre le style inscripteur au contact de la feuille de papier du cylindre avec beaucoup de précision.

Le tambour enregistreur de CHAUEAU présente une vis d'avance et de recul qui permet le réglage de la plume sur le papier.

VERDIN a construit un tambour qui présente à la fois le système de réglage du tambour de RUMMO et celui du tambour de CHAUEAU.

Dans le tambour enregistreur de BRONDGEEST, le style enregistreur repose sur un cou-

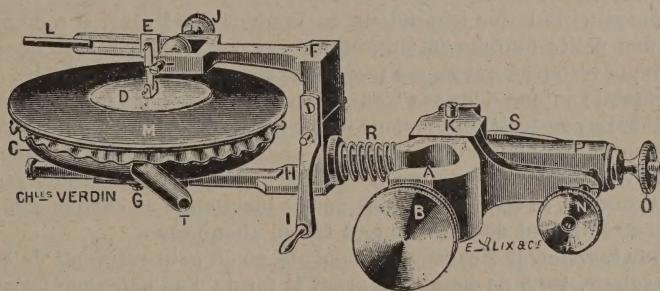


FIG. 90. — Tambour enregistreur de CHAUEAU.

teau collé sur la membrane du tambour. Le contact du levier et du couteau est assuré au moyen d'un anneau de caoutchouc.

Le tambour de COOP présente un levier enregistreur qui amplifie doublement les mouvements de la membrane du tambour. Le levier placé au-dessus de la membrane s'articule à charnière avec un autre levier qui porte la plume. Le support de l'axe de ce deuxième levier est fixé sur la cuvette du tambour. Le tambour présente un diamètre de 30 millimètres; le levier enregistreur est long de 85 millimètres.

Dans le tambour de GRUNMACH (1876), le levier enregistreur est équilibré par un contrepoids. La longueur du levier est de 220 millimètres; le point d'attache de la membrane du tambour au levier est à 5 millimètres de distance de l'axe du levier; l'amplification des mouvements de la membrane par le levier est égale à 44; cette

amplification ne peut pas être variée, car la pièce intermédiaire entre le levier et le tambour ne peut pas varier de position. Les dimensions de ce tambour sont moindres que celles du tambour de MAREY : son diamètre est de 3 centimètres et demi; le diamètre du disque posé sur la membrane est de 1 centimètre et demi.

Le tambour de KNOLL (1879) diffère un peu, par la forme, du tambour de MAREY. Son amplification est aussi fixe, comme dans le tambour de GRUNMACH, elle est de 33 fois, son levier ayant 100 millimètres de longueur, et le point d'attache de la membrane étant à 3 millimètres de l'axe du levier. Le diamètre du tambour est de 3^{cm},5; sa membrane est très mince.

Dans le tambour de KNOLL, construit par ROTHE de Prague, la pointe du style enregistreur peut être rapprochée du papier au moyen d'une vis de réglage qui appuie sur une lame élastique d'acier qui supporte le tambour.

Le tambour de HÜRTLE, construit par ALBRECHT, présente un système enregistreur extrêmement léger. Le poids total du levier, long de 120 millimètres, de la pièce intermédiaire, et du disque en aluminium perforé (ayant 20 millimètres de diamètre) est de 0,3 grammes.

Un dispositif spécial permet l'arrangement très parfait du levier enregistreur.

Le diamètre du tambour est égal à 3 centimètres.

PETZOLD a construit un dispositif spécial pour le support du tambour qui permet d'avoir, avec un tambour placé sur un support vertical, l'inscription des mouvements du tambour sur une surface horizontale ou verticale, à volonté.

BOWDITCH a imaginé un dispositif spécial pouvant servir de support à plusieurs tambours.

ELLIS (1883), dans ses recherches pléthysmographiques sur la grenouille, a employé un très petit tambour, dont le diamètre est de 1^{cm},5, et la profondeur de 1 à 2 millimètres. Sur la membrane très mince de ce tambour se trouve collée une bande de papier, large de 5 millimètres, et coupée en V. Un des côtés de ce V est collé à la membrane; l'autre sert de support à un très léger levier en paille; une petite feuille de clinquant sert de plume. Une petite boule de cire équilibre le levier.

Le tambour enregistreur de PORTER est très simple; le tube de transmission sert en même temps de support au levier enregistreur. Il est dépourvu d'appareil de réglage.

RENÉ (1887) a modifié le support du tambour de MAREY, et lui a donné le nom de : *Tambour à levier rectifiable*.

LEPAGE a modifié le levier inscripteur du tambour de MAREY. Il a muni l'extrémité du levier d'une petite fourche en aluminium qui porte le style inscripteur formé par un fil métallique recourbé qui repose par son propre poids sur le cylindre enregistreur. Ce style est mobile autour d'un axe transversal passant par les oreillets de la fourche.

ROUSSY (1899) a construit un tambour à encier équilibré. Une vis anneau et le style forment une sorte de balance de précision. — La vis est à molette; le déplacement de l'écrou sur la vis permet d'équilibrer le fléau de balance pour la rendre sensible. — Le style, qui est cannelé, se termine par une pointe maintenue de chaque côté par un petit ressort plat extrêmement doux. — Le tout est en aluminium.

Le tambour inscripteur MOROKHOVETZ consiste en un petit réservoir de cuivre (1 centimètre de hauteur, 1^{cm},5 de diamètre), ayant la forme d'un entonnoir large et bas, que l'on recouvre d'une mince membrane en caoutchouc. Au sommet du cône de l'entonnoir se trouve un tube qui se dirige perpendiculairement à l'axe du cône et sert de communication avec le tambour récepteur. — La membrane est percée au milieu par la pointe d'une tige, dont l'autre extrémité se divise en deux branches qui entourent le levier enregistreur. Il n'y a donc pas de disque sur la membrane. Le levier est vertical et sa pointe dirigée vers le bas. L'extrémité opposée présente un pas de vis dans lequel passe un contrepoids. Le point d'appui du levier se trouve au bord supérieur du tambour; un mécanisme très simple permet de le déplacer à volonté.

Les tambours enregistreurs de BLIX (construits par SANDSTRÖM) présentent des membranes en celluloïde. — On en distingue deux types : de grands, à deux membranes gondolées comme les membranes des capsules anéroïdes; et de petits tambours, composés de 6 à 8 membranes élastiques superposées. La sensibilité de ces tambours paraît être très grande; BLIX a pu enregistrer avec eux les vibrations d'un diapason faisant

250 oscillations doubles par seconde. — L'élasticité de la membrane de celluloïde paraît être invariable.

Le *tambour enregistreur d'ATHANASIU* (construit à l'Institut MAREY) se compose d'une cuvette dont la capacité est réduite au minimum; au bord de la cuvette et à l'extérieur se trouve une gorge dans laquelle la membrane est attachée. Au-dessous de cette gorge il y a une saillie circulaire et filetée sur laquelle se visse une bague qui protège la membrane sur les bords de la cuvette, tout en les comprimant assez fortement, ce qui assure la fermeture du tambour. Le tube de transmission débouche dans le fond de la cuvette, et il sert en même temps à fixer la cuvette sur sa monture. A son extrémité libre se trouve un diaphragme percé en mince paroi. La monture du tambour se compose d'une virole ouverte servant à fixer l'appareil sur la tige support. Sur cette virole en forme de chape s'articule tout le système de la monture pour la mise en contact du style sur le cylindre enregistreur. La correction s'obtient à l'aide d'une vis tangente. Le déplacement d'avant en arrière s'obtient à l'aide d'une vis analogue à celle qui se trouve

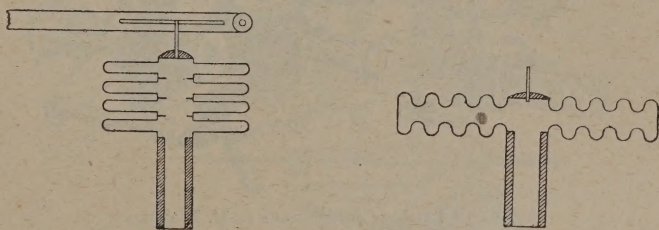


FIG. 91. — Tambours enregistreurs de BLIX.

dans le tambour de CHAUVÉAU. La pièce supportant le levier est suspendue longitudinalement, ce qui permet de remplacer la cuvette par une autre de diamètre différent et de changer l'amplification du levier.

Pour tendre la membrane sur ce tambour, on emploie un appareil spécial.

L'*appareil tenseur* de la membrane, qu'ATHANASIU a fait construire pour son tambour, se compose d'une pièce métallique en forme d'étrier. Cette pièce est traversée par une vis. L'extrémité supérieure de cette vis est percée d'un trou dans lequel pivote librement une pièce qui est pourvue d'un plateau sur lequel on fixe la cuvette du tambour. L'anneau métallique de l'étrier a une largeur de 12 millimètres environ, et une épaisseur de 8 millimètres. A l'extrémité de cet anneau se trouve un pas de vis sur lequel se visse une bague. La membrane de caoutchouc est serrée entre l'anneau et la bague, et sur cette membrane on dessine un carré de côté connu. La cuvette de la membrane se trouve en dessous de la membrane. En tournant la grande vis de l'appareil, on peut faire monter la cuvette. Celle-ci en montant tend de plus en plus la membrane qui la recouvre. On uniformise la tension de la membrane en gardant toujours la forme du carré dessiné sur la membrane; le rapport entre la surface finale et la surface initiale de ce carré nous donne le degré de tension. — Quand cette tension est jugée suffisante, on applique une ligature dans la gorge de la cuvette, et l'on découpe la membrane assez près de la ligature. De cette façon la cuvette du tambour enregistreur se trouve couverte par une membrane de tension connue.

Le *tambour enregistreur* de MARIETTE POMPILIAN présente un dispositif spécial qui permet de changer, à volonté, la tension de la membrane sans nécessiter pour cela le démontage de l'appareil.

B) Le *piston-recorder* a été employé pour la première fois comme appareil enregistreur dans la transmission aérienne par ELLIS (1886). Avant lui, il était employé seulement dans la transmission par une colonne liquide.

Le *piston-recorder d'ELLIS* se compose d'un petit tube de verre dans lequel se trouve un piston en paraffine. L'extrémité inférieure du tube est reliée par un tube de caoutchouc à l'appareil explorateur. Les mouvements du piston sont enregistrés par un levier

équilibré au moyen d'une tige de verre. L'occlusion de l'appareil est assurée à l'aide d'un peu d'huile de menthe poivrée placée entre le piston et la paroi du tube.

Dans le *piston-recorder* de JOHANSSON TIGERSTEDT (1889) le piston, qui a la forme d'un couvercle, est en ébonite. L'amplification des mouvements du piston par le levier

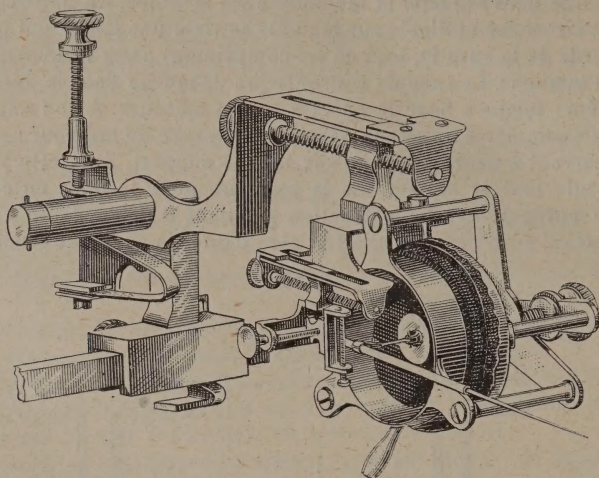


FIG. 92. — Tambour enregistreur de M. POMPILIAN.

peut être variée à volonté. Le levier enregistreur est équilibré par un contrepoids mobile sur le bas du levier qui le supporte.

Dans le *piston-recorder* de HÜRTHLE (1893) le cylindre qui constitue le corps de pompe est métallique; le piston est en ébonite. Une petite tige est articulée d'une part au piston, d'autre part elle est attachée au levier enregistreur au moyen d'un anneau en caoutchouc. Le levier est équilibré par un contrepoids. Le cylindre est fixé sur un sup-

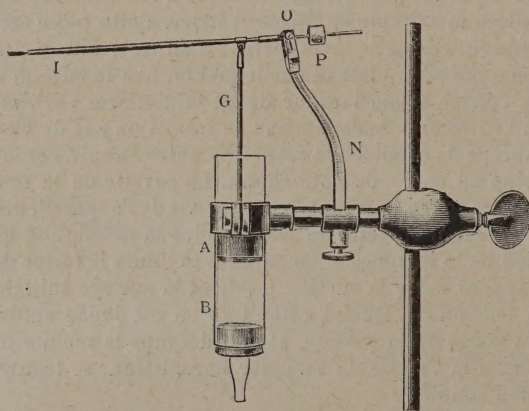


FIG. 93. — Piston-recorder d'ELLIS.

port à l'aide d'une vis de pression qui permet de changer l'amplification du levier. La hauteur du cylindre est de 4 à 5 centimètres pour les petits appareils, de 8 centimètres pour les appareils moyens et de 14 centimètres pour les grands. Entre les parois du piston et du cylindre il n'y a pas d'huile.

Le *piston-recorder* de SANDSTRÖM et BLIX se compose d'un piston en acier se déplaçant sans frottement dans un cylindre en acier; il est comme l'appareil de HÜRTHLE dépourvu d'huile.

Le *piston-recorder* de LOMBARD et PILLSBÜRG (1899) est remarquable par la légèreté de

ses parties mobiles; leur poids ne dépassant pas $0^{\text{gr}},34$, tandis qu'il est de $0^{\text{gr}},68$ dans l'appareil de JOHANSSON et TIGERSTEDT. L'appareil de LOMBARD et PILLSBURG ressemble au piston-recorder d'ELLIS.

C) Le soufflet enregistreur de BRODIE (1902), comme le *piston-recorder*, est un appareil à déplacement d'air. Cet appareil se compose d'une plaque métallique rectangulaire qui est fixe et qui porte le tube au moyen duquel on établit la communication entre cet appareil et l'appareil explorateur. Au-dessus de la plaque fixe se trouve une autre plaque (formée d'un cadre en aluminium sur lequel est collée une feuille de papier) de mêmes dimensions que la plaque fixe, sur laquelle elle est articulée. Tout autour de

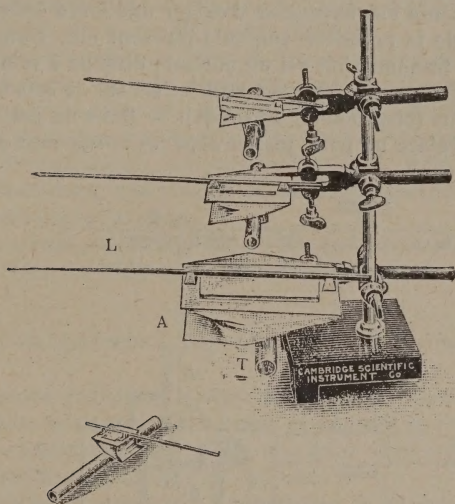


Fig. 94. — Soufflets enregistreurs de BRODIE.

ces deux plaques se trouve collée une membrane en boudruche qui ferme l'espace qu'elles laissent libre quand on les écarte d'un certain angle. Sur la plaque supérieure est fixée une plume (en bois très léger), qui suit les mouvements de cette plaque.

Les dimensions du soufflet sont variables : les petits sont de 30 millimètres sur 20 millimètres (leur capacité est de 7,2 c.c.); les moyens sont de 45 millimètres sur 30 millimètres (leur capacité est de 25 c.c.); enfin les grands sont de 120 millimètres sur 80 millimètres (leur capacité est de 500 c.c.).

D) Quelle que soit la forme des appareils enregistreurs et explorateurs, ils sont toujours reliés par un tube de caoutchouc, ayant un orifice large de 3 à 5 millimètres, et une paroi plus ou moins épaisse. La longueur du tube est très variable, selon les besoins de l'expérience. En général, le tube est interrompu par une soupape, comme celle employée par MAREY. Cette soupape est formée d'un petit tube métallique qui présente un petit trou. Ce trou est fermé par la pointe d'un levier. Le bras du levier étant maintenu soulevé par une lame ressort, le trou est bouché. En appuyant sur la longue branche du levier, le trou se débouche, et l'air contenu dans le tube peut se mettre en équilibre de pression avec l'air extérieur, et la pression dans les cavités closes devient égale à la pression atmosphérique.

La vitesse de transmission d'un mouvement (d'une onde) dans un tube ayant un orifice de 4 millimètres est de 280 mètres par seconde.

§ II. — *Transmission par une colonne liquide.*

MAREY, en 1858, a essayé d'obtenir la transmission des mouvements à distance à l'aide d'un tube de plomb plein d'eau et muni à une de ses extrémités d'ampoules pleines d'eau également. Une de ces ampoules élastiques était mise en contact avec le corps dont on voulait étudier le mouvement (elle était introduite dans le cœur par exemple, s'il s'agissait de l'étude des mouvements cardiaques) tandis que sur l'autre ampoule on posait un levier enregistreur. — Les variations de volume imprimées à la première ampoule étaient transmises par la colonne liquide à la seconde ampoule; ces dernières variations étaient enregistrées par le levier.

Cette méthode présente l'inconvénient d'exiger une force considérable pour que les variations de volume de la première ampoule puissent être transmises à la seconde; l'inertie du liquide de transmission est un obstacle difficile à vaincre.

ROY (1879) a construit, pour faire ses recherches sur le cœur, une sorte de *piston-recorder* plein de liquide (bicarbonate de soude). — Dans un petit cylindre, servant de corps de pompe, se déplace un petit piston dont les bords sont attachés aux bords du

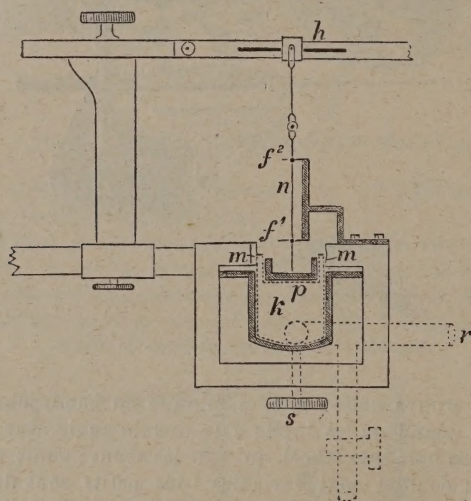


FIG. 95. — Appareil de Roy.

cylindre, par l'intermédiaire d'une mince lame flexible. Le piston transmet ses mouvements, par l'intermédiaire d'une tige, à un levier enregistreur. A cette tige sont attachés deux fils élastiques qui s'enroulent sur deux poulies, de chaque côté de la tige.

Dans l'appareil de SCHÄFER (1884), le piston se déplace dans un cylindre horizontal plein d'huile.

V

Enregistrement électrique.

L'application de l'électricité à l'enregistrement comprend plusieurs procédés fondés sur trois propriétés différentes des courants électriques : 1° Sur l'emploi des propriétés électro-chimiques du courant : décomposition électro-chimique; 2° Sur l'emploi de l'étincelle d'induction : production d'étincelles au moyen de courants induits; 3° Sur l'emploi des propriétés électro-magnétiques : enregistrement électro-magnétique. C'est de ce dernier mode d'enregistrement que nous allons nous occuper, après avoir dit quelques mots seulement sur les deux autres. Dans tous les moyens d'enregistrement électrique cités, la partie de l'appareil qui est mise en contact direct avec le corps dont

on désire étudier les mouvements est identique : il s'agit d'un dispositif spécial de contacts électriques. — Ce n'est pas cet appareil, variable de forme, selon le phénomène qu'on étudie, qui nous occupe pour le moment : nous n'avons en vue que la partie enregistrante proprement dite.

§ I. — Enregistrement électro-chimique.

Le passage d'un courant à travers un style de fer, appuyé contre une feuille de papier humide imbibée de cyanure de potassium, détermine à la surface du papier la production d'un trait bleu qui cesse dès que le courant est interrompu. En faisant varier la composition des substances dont le papier est imbibé, ainsi que la nature de l'électrode, on peut obtenir des tracés de différentes couleurs.

Cette méthode d'enregistrement présente l'inconvénient d'exiger un courant de grande tension et un papier dont le degré d'humidité soit toujours le même. — En effet, quand le papier n'est pas humide, le courant est trop affaibli; quand, au contraire, il est trop humide, il se déchire et, en outre, les traces deviennent étalées et diffuses. Il y a un autre inconvénient encore : l'électrode servant de style conserve à sa surface, pendant le passage du courant, une couche de matière colorante qui continue à tacher même quand le courant est interrompu.

Malgré ces inconvénients, cette méthode a été employée avec succès dans plusieurs cas, et en particulier dans les télégraphes autographiques.

§ II. — Enregistrement au moyen des étincelles d'induction.

L'étincelle d'induction jaillissant contre un cylindre argenté enduit de noir de fumée laisse à la surface une auréole au centre de laquelle se trouve un point brillant extrêmement petit. — L'étincelle peut laisser une trace aussi sur une feuille de papier enfumé entourant la surface métallique du cylindre.

Cette méthode n'est pas très bonne. La production de l'étincelle est un phénomène capricieux qui dépend beaucoup de la manière dont la rupture est faite. — L'étincelle ne suit pas, pour aller frapper le cylindre, le chemin qui est géométriquement le plus court, mais bien celui qui est électriquement le plus court. De là des déviations de l'étincelle, qui ne sont pas négligeables, et dont le sens et la grandeur ne sauraient être prévus. — C'est là un inconvénient.

Un autre inconvénient de l'étincelle est qu'elle est suivie d'une foule de petites étincelles parasites formant comme une queue. Ces étincelles prouvent que la décharge du fil induit n'est pas instantanée. — Il résulte de là que, si l'on voulait mesurer la durée d'un phénomène très court, dont l'origine et la fin devront être indiquées par deux étincelles jaillissant du même fil, la deuxième étincelle pourrait se confondre avec les étincelles parasites qui accompagnent la première étincelle. — Il arrive souvent que le trait de feu produisant l'étincelle principale se divise en deux ou trois autres traits produisant chacun une trace sur le cylindre, de sorte qu'on ne sait absolument lequel choisir. Ces inconvénients, déjà observés depuis longtemps, sont bien plus graves encore lorsque le cylindre est recouvert d'une feuille de papier enfumé destinée à conserver la trace de l'expérience.

Même lorsqu'on amène le fil d'où jaillit l'étincelle au contact du papier, de façon à en faire un véritable style frottant, l'étincelle n'éclate pas au contact, mais bien à une distance de ce point qui varie capricieusement d'un moment à l'autre, et qui peut atteindre $1/2$ millimètre.

Le nombre d'étincelles distinctes qu'on peut obtenir avec une bobine RUHMKORFF est de 250 environ par seconde. Lorsque les interruptions du courant deviennent très rapides, les étincelles deviennent de plus en plus petites, et finissent par ne plus éclater.

Comme le courant inducteur doit passer pendant un certain temps pour qu'il se produise une étincelle, il faut, quand on veut appliquer la bobine d'induction aux phénomènes extrêmement rapides, employer un nombre de bobines égal au nombre de signaux qu'on veut obtenir.

M. DEPRez a mesuré le retard de l'étincelle, et il l'a trouvée inférieure à $\frac{1}{10000}$ de seconde. Quelquefois, quand la distance explosive est très petite ($\frac{1}{4}$ de millimètre), ce retard devient tout à fait imperceptible, puisqu'il se confond avec la déviation de l'étincelle.

§ III. — Enregistrement électro-magnétique.

Presque tous les enregistreurs électriques sont des enregistreurs électro-magnétiques. — Les premiers appareils de ce genre ont été imaginés par WHEATSTONE. — Ils se composent tous, essentiellement, d'une armature garnie d'une plume inscrivante et soumise, d'une part, à l'attraction d'un électro-aimant, et, d'autre part, à l'action d'un ressort antagoniste.

La première condition que doit remplir un tel appareil est d'avoir un retard invariable. Ce résultat est très difficile à atteindre. Pour le réduire à ses dernières limites, on a donné aux électro-aimants des dimensions très petites.

Le retard total d'un électro-aimant se compose de deux parties : la première, due au temps que nécessite l'aimantation ou la désaimantation ; la seconde, due à l'inertie des pièces mobiles qui mettent un certain temps pour accomplir leurs oscillations.

A) *Signaux électriques.* — Voici la description de quelques signaux électriques grossiers (a) et de grande précision (b).

a) Le signal électrique de v. WITTICH est un appareil très grossier ne pouvant enregistrer les signaux que sur une surface horizontale. — Cet appareil se compose d'un électro-aimant placé horizontalement, et d'un levier à deux bras, mobile autour de l'axe (x), placé verticalement. — Quand le courant électrique passe dans l'électro-aimant, le morceau de fer doux (a), fixé au bras inférieur du levier, se trouve attiré par l'électro-aimant ; le bras supérieur du levier, se rapprochant alors du cylindre enregistreur, trace une droite sur la surface enregistrante, grâce à une pointe inscrivante (s). Cette pointe, étant portée par une vis, peut être plus ou moins rapprochée de la surface enregistrante. — La longueur de la ligne tracée par la pointe varie avec la durée du passage du courant électrique. — Quand le courant ne passe plus, la pointe s'éloigne du cylindre enregistreur, le levier étant entraîné par un poids (g) mobile sur une tige fixée au levier. — Le tracé donné par cet appareil est formé de traits discontinus.

Le signal électrique de BRONDGEEST se compose d'un électro-aimant en forme de fer à cheval (m) ; en face des pôles de cet électro-aimant se trouve placée une armature (p), formée d'une plaque en fer doux fixée au levier (h). Ce levier est mobile autour de l'axe (a) porté par un support placé à côté de l'électro-aimant. Près de l'axe, au-dessous du levier, se trouve le ressort (f) qui maintient le levier éloigné des pôles de l'électro-aimant. — Quand le courant électrique passe dans l'électro-aimant, la plaque (p) se trouvant attirée, l'extrémité inscrivante du levier se trouve abaissée, et elle trace sur le cylindre une ligne descendante. Tant que le courant passe, ou quand le courant ne passe pas, le levier trace une droite horizontale. Quand le courant cesse d'agir, le levier, étant soulevé brusquement par le ressort, trace une droite verticale ascendante. De cette façon on obtient un tracé continu à dents. — Cet appareil présente trop d'inertie, et il ne peut inscrire les signaux que sur une surface verticale.

Le signal de BALTZAR se compose d'un électro-aimant et d'un signal direct. — L'électro-aimant (m, m) présente ses pôles disposés de telle façon que, pendant le passage du courant, l'armature (a, a), qui porte la plume inscrivante (s¹), tourne autour de l'axe x'. Quand le courant électrique ne passe plus dans l'électro-aimant, l'armature est ramenée à sa position primitive par un ressort réglable à l'aide de la vis (sch). Les fils électriques sont fixés aux bornes (p, p').

Au-dessous de l'électro-aimant, il y a un contact électrique de platine (k). Les mouvements de la tige (d) sont transmis par l'intermédiaire de l'axe (x²) et de la pointe (s²) au levier (b) qui porte le style enregistreur (s²). De cette façon on a l'inscription directe du moment où l'on fait l'interruption d'un courant électrique.

b) Le signal de DEPREZ (fig. 96) (construit par VERDIN) se compose d'un petit électro-aimant (m), en forme de fer à cheval. Le fil dont se composent les deux bobines est très fin. En face des pôles de l'électro-aimant se trouve placée une armature mobile autour de l'axe (c). L'armature porte une plume inscrivante très légère (s). L'armature est tenue éloignée des pôles de l'électro-aimant par un petit ressort spiral accroché à l'axe (c). Un petit levier (f) permet de varier la tension du ressort, et varie, par conséquent, l'éloignement de l'armature des pôles de l'électro-aimant, jusqu'à ce que le tracé donné par la plume (s) paraisse le plus convenable. Le courant électrique, qui arrive à l'électro-aimant, passe par les fils (d^1) et (d^2).

Toutes les pièces que nous venons de décrire sont fixées à une tige mobile à l'aide d'une crémaillère dans une autre tige qui se fixe à un support. De cette façon on peut varier la longueur de la tige support de l'électro-aimant et placer la plume à l'endroit voulu. L'inscription peut se faire, indifféremment, sur une surface horizontale ou verticale — Le signal de DEPREZ peut fonctionner avec un seul élément BUNSEN.

L'appareil de KRONECKER et PFEIL (fig. 97), connu surtout sous le nom de *signal de PFEIL*, est basé sur le même principe que le téléphone. Cet excellent appareil se compose d'un petit électro-aimant (m) et d'une mince plaque d'acier (p), servant d'armature. Les extrémités de cette lame, qui sert d'armature, sont solidement fixées aux deux branches du support. Le milieu de cette plaque est relié, par l'intermédiaire d'une petite tige, avec un levier enregistreur (h) très long, mobile autour de l'axe (a). Un contrepoids (g) fait équilibre à la longue branche du levier. En tournant une vis (s) placée au-dessous de l'électro-aimant, on peut rapprocher ou éloigner l'électro-aimant de l'armature. Quand le courant passe, la lame (p) se trouve attirée, sans pourtant jamais arriver à toucher les pôles de l'électro-aimant : une vis tangente (t) sert à régler la position de l'appareil par rapport à la surface enregistreuse. Le fil des bobines de cet appareil étant plus gros que celui des bobines du signal de DEPREZ, on peut employer des courants forts sans craindre de le brûler.

B) *Signaux électriques doubles.* — Pour certaines expériences il est utile d'avoir deux signaux électriques très rapprochés l'un de l'autre. Pour cela les constructeurs ont fixé sur une même tige à support deux signaux identiques. C'est ainsi, par exemple, que VERDIN a construit des signaux doubles de DEPREZ.

C) *Retard des signaux électriques.* — a) HELMHOLTZ a imaginé une méthode qui permet d'estimer avec une précision extrême le retard d'un signal électrique. Voici en quoi consiste cette méthode : On commence par déterminer, sur la surface enregistreuse, la position où le signal s'inscrirait si l'appareil enregistreur n'avait pas de retard ; ensuite

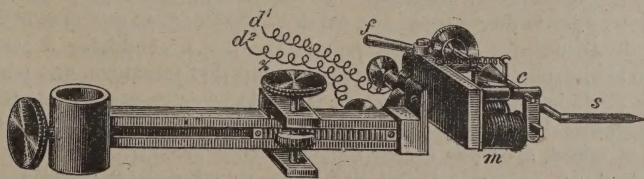


FIG. 96. — Signal électrique de DEPREZ.

on laisse l'appareil enregistreur normalement le signal sur la surface en mouvement. La distance qui sépare les deux tracés du signal électrique représente le retard de l'appareil. C'est le cylindre enregistreur lui-même qui, à un certain moment de sa rotation, rompt ou ferme le courant électrique qui provoque le signal. Dans une première expérience, on fait tourner le cylindre enregistreur avec une extrême lenteur au moment où va se produire le signal électrique ; la vitesse du cylindre étant presque nulle, le signal ne subira aucun déplacement. Dans une autre expérience, on imprime au cylindre enregistreur son mouvement rotatif maximum, et l'on fait inscrire le signal. Le tracé,

dans ce deuxième cas, se trouve inscrit un peu plus loin que la première fois, car, depuis le moment où la rupture du courant de pile s'est faite, jusqu'à celui où le signal est inscrit, le cylindre a tourné d'une certaine quantité. Cette quantité, mesurée au chronographe, donne exactement le retard du signal.

MARCEL DEPREZ, pour déterminer à l'aide de cette méthode le retard d'aimantation et de désaimantation de ses signaux électriques, a incrusté dans l'un des fonds du cylindre tournant un secteur de caoutchouc durci. Deux frotteurs métalliques, en contact avec le fond du cylindre, ferment le courant tant qu'ils touchent les parties métalliques; le courant est rompu quand le secteur isolant passe au-dessous d'eux.

En procédant comme nous l'avons dit plus haut, DEPREZ a trouvé des retards plus ou moins grands : dans certains cas, le signal de clôture retardait de $\frac{1}{5\,000}$ (retard d'aimantation) tandis que le retard de rupture était de $\frac{1}{500}$ (retard de désaimantation).

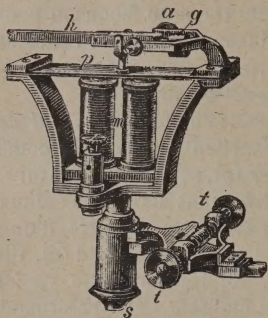


FIG. 97. — Signal de KRONECKER et PFEIL.

b) En réduisant la masse de fer doux qui est soumis à la traction de l'électro-aimant, en donnant une légèreté extrême au style, et en plaçant en circuit dérivé sur le courant de la pile une bobine munie d'un fer doux, DEPREZ a abrégé d'une façon considérable le retard des signaux électriques. Plus ce retard est petit, plus le nombre de signaux par seconde qu'on peut enregistrer est grand. DEPREZ a réussi à construire des appareils capables de donner 1 500 signaux doubles par seconde avec possibilité de fournir 3 000 signaux, si l'on utilisait séparément la rupture du circuit de pile.

c) TIGERSTEDT et YEO ont déterminé la période latente de démagnétisation des signaux électro-magnétiques. Voici les chiffres trouvés par ces auteurs :

Le signal de PFEIL présente, en moyenne, une durée de démagnétisation égale à 0'',00077, avec une erreur moyenne de 0'',000048.

Le signal de PFEIL, employé par TIGERSTEDT dans ses expériences, présentait une période de démagnétisation égale, en moyenne, à 0'',0003.

Le signal de DEPREZ, quand son ressort en caoutchouc est très peu tendu, présente, en moyenne, une durée de démagnétisation égale à 0'',00090, avec une erreur moyenne de 0'',000048. — Quand le ressort du signal de DEPREZ est tendu, la durée de démagnétisation est, en moyenne, de 0'',00060, avec une erreur moyenne de 0'',000042.

Les signaux DEPREZ à ressort métallique, construits par VERDIN, présentent une période latente constante, dont la durée moyenne est de 0'',00086, avec une erreur de 0'',000087.

Le signal de DEW-SMITH (construit par la C. C. S.), semblable à celui de PFEIL, présente, selon la distance qui sépare l'électro-aimant de l'armature, une période latente variable. Cette période est, pour un certain écart de l'électro-aimant, de 0'',00076 avec une erreur moyenne de 0'',000032; pour un autre écart de l'électro-aimant, la période latente est de 0'',00086, avec une erreur moyenne de 0'',000057.

Le signal de SMITH, construit dans le laboratoire de BURDON-SANDERSON, possède une période latente de 0'',00086, avec une erreur moyenne de 0'',000087.

D) *Réglage des signaux électriques.* — Quand plusieurs électro-aimants sont employés simultanément, il faut que leurs retards d'aimantation et de désaimantation soient uniformes. Quand même ces retards seraient grands, s'ils sont tous égaux, les rapports de durée et de succession des phénomènes qu'on étudie ne sont pas altérés.

Une série de signaux électro-magnétiques, construits simultanément, en employant le même fer doux, le même fil conducteur, et en donnant les mêmes dimensions à toutes les pièces, ont beaucoup de chances pour avoir les mêmes qualités électro-magnétiques. Pour avoir l'égalité de leurs retards, il suffira d'assurer l'uniformité parfaite de leurs ressorts de traction.

Pour cela, on place dans le circuit d'une même pile un interrupteur et les signaux qu'on veut régler. Leurs styles enregistreurs sont au contact d'une surface enfumée animée d'une translation rapide. — En faisant, à l'aide de l'interrupteur, des fermetures et des ruptures de courant, on voit si les signaux s'arment ou se désarment simultanément. En général cela n'a pas lieu. — On commencera alors par régler l'égalité de la rupture; pour cela on agira sur les petits ressorts tenseurs du contact en fer doux: on armera davantage celui dont le mouvement est le moins rapide. Avec quelques essais et tâtonnements, on arrivera rapidement à un résultat satisfaisant. — Puis on s'occupera de régler la simultanéité dans les indications du commencement du passage du courant; il suffira pour cela d'agir sur la vis de réglage qui rapproche ou éloigne le contact en fer doux de l'électro-aimant. Ce petit réglage se fait rapidement, et dès lors les signaux fonctionnent simultanément.

§ IV. — Gravure électrique.

Voici un mode d'enregistrement qui pourrait, peut-être, trouver une application à l'inscription électrique des phénomènes. — Il a été employé par PLANTÉ (1878) pour graver sur verre.

On recouvre la surface d'une lame de verre ou d'une plaque de cristal avec une solution concentrée de nitrate de potasse. On fait plonger dans la couche liquide, le long des bords de la lame de verre, un fil de platine horizontal, communiquant avec les pôles d'une batterie secondaire de 50 à 60 éléments. Tenant à la main l'autre électrode formée d'un fil de platine, on touche le verre recouvert de la mince couche de solution saline. Un sillon lumineux se produit partout où touche l'électrode. Quelle que soit la rapidité avec laquelle on écrit, les traits se trouvent nettement gravés sur le verre. Il faut un courant moins fort pour graver avec l'électrode négative.

VI

Chronographie.

Pour analyser un phénomène dont on a le tracé, il faut connaître avant tout la vitesse avec laquelle s'est déplacée la surface enregistrante pendant l'expérience.

Quand on emploie une surface enregistrante mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie bien régulier, il suffit de connaître la vitesse de rotation du cylindre, car d'après elle on peut estimer la durée d'une étendue quelconque de l'abscisse.

La vitesse de rotation d'un cylindre peut être déterminée très facilement de la façon suivante: on fait tracer, par une plume enregistrante, sur le cylindre au repos, une ligne verticale; cette ligne servira de point de repère; elle donne le moment à partir duquel il faut déterminer le temps. En mettant le cylindre en mouvement, on compte le nombre des passages du repère devant la plume en un temps déterminé à l'aide d'une montre (1). Pour avoir la vitesse, il faut diviser le nombre de minutes ou de secondes, pendant lesquelles on a compté les tours, par le nombre de tours observés. Soit par exemple un cylindre qui fait 4 tours en 160 secondes. En faisant la division de 160 par 4, on voit que la durée d'un tour est de 40 secondes. — Si le cylindre présente une périphérie de 500 millimètres, une abscisse d'un millimètre représentera $\frac{40}{500} = 0'',08$.

Avant d'apprécier la vitesse de rotation, il faut d'abord laisser au cylindre le temps de faire quelques tours pour acquérir un mouvement régulier. On ne doit pas non plus faire cette détermination quand le cylindre est près de s'arrêter, car alors sa vitesse est moindre qu'au début.

La détermination de la vitesse de translation d'une surface enregistrante à l'aide du procédé que nous venons de décrire, est lente et ne s'applique qu'aux surfaces cylin-

(1) Les anciens cylindres enregistreurs, comme ceux d'HELMHOLTZ et de VOLKMANN, étaient pourvus de compteurs de tours.

driques. Pour déterminer rapidement la vitesse de déplacement d'une surface quelconque, il faut inscrire sur la surface des durées connues.

Les appareils et les procédés qu'on emploie pour enregistrer des durées longues, comme les quarts d'heure, les heures, les demi-heure, ou bien des durées brèves comme les minutes, les secondes et les fractions de seconde, ne sont pas les mêmes.

L'ensemble des procédés qu'on emploie pour faire la mesure graphique du temps constitue la *chronographie* proprement dite. — Les tracés qui représentent le temps s'appellent des *chronogrammes*.

§ I. — Mesures des longues durées.

A. Mécanisme d'horlogerie. — I. Chronomètres à pointage. — On peut déterminer la durée d'un phénomène à l'aide d'un *chronomètre à pointage*. L'aiguille d'un tel chronomètre est chargée d'encre à sa pointe; par la pression d'une détente, cette pointe s'applique sur le cadran et laisse la trace de la position qu'elle occupait au début du phénomène qu'on étudie. A la fin du phénomène considéré, on provoque un second pointage. Le nombre des divisions du cadran qui séparent les deux points donne la mesure de l'intervalle considéré.

Le principal avantage de cette méthode est qu'il n'est pas nécessaire de regarder le cadran pendant la durée d'une observation; une simple pression du doigt au moment où le phénomène commence, et une autre au moment où il finit, suffisent pour en déterminer la durée.

Si le temps à mesurer excédait la durée d'un tour de cadran, on risquerait de commettre des erreurs sur le nombre de tours.

GROSSMANN (1882) a fait l'historique des montres qui présentent ce moyen si simple d'enregistrement.

RIEUSAC (brevet du 9 mars 1822) a construit un *chronographe* dont voici le mécanisme :

Sur l'axe des secondes d'un mécanisme d'horlogerie était ajouté, par son centre, un cadran se mouvant avec lui. Sur le bord de la boîte de l'appareil, tout près du cadran, une petite pointe lancée par une détente à la volonté de l'observateur, sortait d'un encier par une échancrure de celui-ci, et projetait une petite goutte d'encre sur la partie du cadran qui se trouvait devant lui à cet instant. Ce n'était pas là un appareil de précision; son auteur l'avait uniquement destiné aux courses de chevaux. La grande masse du cadran placée sur l'axe des secondes en faisait un instrument très impropre aux mesures exactes des phénomènes physiques et astronomiques.

Le chronographe de RIEUSAC avait la forme et le volume d'un gros chronomètre de poche; le cadran était mobile autour d'un axe perpendiculaire à son plan passant par le centre. Quand la montre marchait, le cadran faisait un tour en une minute.

Plus tard, en 1837, RIEUSAC a perfectionné son appareil en le rendant semblable à celui de BREGUET.

Le *chronomètre à détente* de BREGUET (1822, *Rapport de l'Exposition de 1823*) donne le moyen d'apprécier rigoureusement la durée d'un phénomène. Le cadran est fixe, tandis que l'aiguille des secondes, qui porte un petit encier, ainsi que la pointe destinée à marquer les instants d'observation, est mobile.

II. — Chronomètres enregistreurs directs. — JAQUET a fait construire par RUNNE un *chronographe* qui permet d'inscrire directement les mouvements d'un mécanisme d'horlogerie sur un cylindre enregistreur recouvert d'une feuille de papier enfumée.

Ce chronographe se présente sous la forme d'une petite boîte rectangulaire, haute de 4^{cm},5, profonde de 1^{cm},5, pesant 200 grammes, avec une virole qui lui permet d'être fixé sur un support à côté des autres appareils enregistreurs. Son levier inscripteur est long de 12^{cm}. Sur une des faces de la boîte se trouvent deux cadrans : un pour les secondes, l'autre pour les minutes. La pression sur un bouton spécial permet de ramener les aiguilles à zéro. L'erreur de cet appareil est de 3 secondes en 24 heures. En déplaçant une petite tige, on peut inscrire les secondes ou les demi-secondes. On peut arrêter l'appareil à volonté.

III. — **Électrochronographes.** — a) L'*électrochronographie* a été introduite dans les recherches astronomiques par LOCKE en 1848.

LOCKE se servait d'une montre à contacts électriques. Il marquait les secondes par de petits traits ; les minutes étaient marquées par des traits plus longs, car alors le courant était laissé ouvert pendant plus longtemps. Les traces du temps étaient disposées ainsi en groupes, ce qui est très commode pour la lecture.

b) Quand la surface enregistrante est mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, on s'est souvent servi du même mécanisme, pour avoir le tracé de la durée d'un phénomène, en forçant ce mécanisme à établir ou à rompre des contacts qu'on inscrivait à l'aide d'un signal électro-magnétique.

L'appréciation des durées à l'aide de ce procédé est imparfaite, car le mouvement d'horlogerie de l'appareil enregistreur présente rarement une grande régularité.

c) On peut enregistrer électriquement les mouvements de n'importe quelle montre ; il suffit pour cela d'adapter au rouage des contacts électriques. La seule condition à observer est la suivante : les contacts électriques doivent être disposés de telle façon qu'ils n'influencent pas la marche de la montre.

Ainsi le *chronographe* de JAUQUET présente un dispositif qui permet d'avoir, à côté de l'inscription directe, l'inscription à distance au moyen de l'électricité.

BALTZAR a construit une montre à contacts extrêmement intéressante, dont les

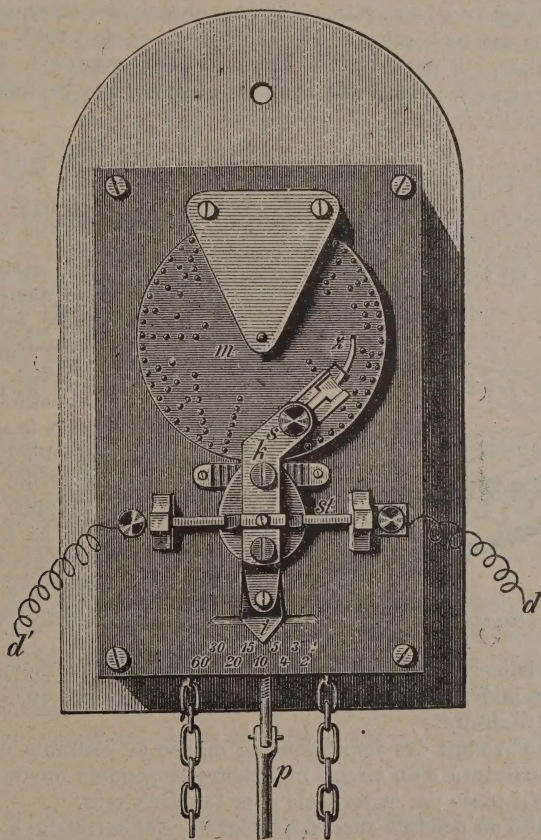


FIG. 98. — Électrochronographe de BALTZAR.

figures 98 et 99 représentent les parties essentielles. Le disque métallique *m* est mis en mouvement par le rouage d'une horloge. Cette horloge est mise en mouvement par

la chute d'un poids, un pendule dont on voit une partie de la tige en *p*, bat la seconde. Le disque *m*, qui fait un tour en une minute, présente plusieurs pointes métalliques disposées en 10 cercles concentriques. Le cercle extérieur se compose de 60 pointes; le second cercle se compose de 30 pointes; le troisième de 20, et ainsi de suite jusqu'au cercle intérieur qui ne comprend qu'une pointe.

En face du disque *m* se trouve une petite languette métallique élastique *z*, portée par le support *k*. Ce support peut être déplacé de façon que la lame *z* puisse être placée en face d'un des 10 cercles du disque. Quand le disque tourne, les pointes soulèvent la languette *z*. Quand cette languette est soulevée, le contact électrique qui existe entre son prolongement en platine et la pointe de la vis *s* se trouve interrompu. Quand la languette *z* n'est plus soulevée, le contact se rétablit. La lame de platine est en communication avec le fil électrique *d'*; la pointe, avec le fil *d*.

Si la languette *z* est en face du cercle composé de 60 pointes métalliques, on aura 60 interruptions du courant par minute; si elle est en face du cercle composé d'une seule pointe, il n'y aura qu'une seule interruption par minute. — Le nombre des interruptions par minute est indiqué par les chiffres qui sont en face de l'index *i*.

En variant la position de la languette sur son support, on peut varier la durée de l'interruption du circuit.

La montre à contact de BALTZAR est renfermée dans une boîte fixée au mur. — Les interruptions du circuit sont marquées sur la surface enregistrante par un signal électromagnétique.

Un élément DANIELL ou LECLANCHÉ suffit pour obtenir des chronogrammes.

BOWDITCH, dans ses recherches faites au laboratoire de LUDWIG, avait employé un dispositif particulier, qui permettait d'obtenir, avec la montre de BALTZAR, des tracés plus grands toutes les 5 secondes. BRODIE a fait construire par PALMER (1900) un appareil analogue à celui de BALTZAR.

B. Le pendule. — I. Le pendule battant la seconde est le type des appareils qui servent à mesurer le temps.

Voici la description d'un pendule à seconde très simple employé au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne :

Une tige plate en sapin porte une masse de fonte que l'on assujettit à la hauteur convenable à l'aide d'une vis de pression.

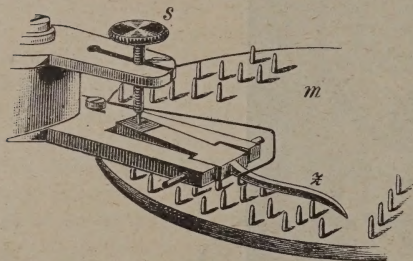


FIG. 99. — Contacts électriques de l'appareil de BALTZAR.

La tige du pendule est de bois de sapin verni, très sec et très droit de fil, parce que le sapin est indifférent aux variations de température. Le coefficient de dilatation linéaire du sapin dans le sens des fibres est à peu près de 3 millièmes.

Un tel pendule oscille pendant plusieurs heures. On peut, de plus, entretenir un pendule en mouvement en faisant agir sur lui des impulsions. — LIPPMANN (1896) a conçu et réalisé un pendule sans perturbation et dont le fonctionnement repose sur la proposition suivante :

« Si deux impulsions égales sont imprimées au pendule en un même point de sa trajectoire, l'une à la montée, l'autre à la descente, les perturbations qu'elles produisent sont égales et de sens contraire. »

GUILLET (1898) a produit des impulsions au moyen de courants d'induction dus à la fermeture et à l'ouverture d'un circuit inducteur; le pendule ouvre et ferme le circuit inducteur, lorsqu'il passe par la verticale dans les deux sens.

Le mouvement d'un pendule successivement libre et entretenu a été comparé à celui d'un pendule auxiliaire approximativement synchrone au premier. Les oscillations des deux pendules ont été inscrites au début et à la fin de chaque phase d'observation sur un cylindre enregistreur. On a constaté ainsi la régularité des mouvements du pendule entretenu par des impulsions.

II. Les oscillations d'un pendule peuvent être enregistrées au moyen de l'électricité de la façon suivante :

On fixe perpendiculairement à la tige (*s*) et dans son plan d'oscillation, une petite tige de cuivre (*t*), recourbée à son extrémité, qui se termine par une pointe de platine. Cette pointe effleure la surface du mercure (*m*) contenu dans un petit godet placé sur une tablette d'ébonite fixée à côté du pendule sur le même support que lui. — Le mercure d'une part, la tige (*t*) d'autre part, sont en communication par deux fils fins, aux deux bornes (*b*) auxquelles aboutissent les conducteurs polaires d'une pile (*P*). — Dans ce même circuit se trouve intercalé un électro-aimant inscripteur placé à côté de la surface enregistrante. — A chaque oscillation du pendule, le courant est interrompu et établi. On transmet ainsi à l'électro-aimant des signaux périodiques espacés d'une seconde.

Un tel pendule peut osciller pendant plusieurs heures ; il se prête donc parfaitement à des expériences de longue durée. — La mesure de la seconde par ce procédé est très précise.

Voici encore quelques dispositifs de contacts électriques appliqués au pendule pour en enregistrer les oscillations.

Le godet à mercure, au lieu de se trouver sur le côté, comme dans le cas précédent, peut être placé à la partie inférieure, au-dessous du pendule.

KRILLE a imaginé le dispositif suivant. Deux vases contenant du mercure communiquent entre eux par un petit pont formé par une goutte de mercure qui se trouve entre les extrémités effilées des tubes fixés aux parois des vases. Le courant passe par le pont de mercure. — Le pendule présente à son extrémité inférieure une lame de mica. A chaque oscillation du pendule, la lame de mica coupe le pont, et ainsi interrompt le courant électrique. C'est là le signal enregistré par l'électro-aimant intercalé dans le circuit.

Voici le dispositif de BUFF.

D'un seul côté, ou des deux côtés du pendule, se trouve une petite plaque métallique supportée par un ressort spiral très délicat. Le pendule, quand il est dans sa position la plus éloignée de sa position d'équilibre, touche une de ces plaques. Le ressort spiral permet à la plaque de céder facilement sous l'influence de l'impulsion donnée par le pendule, de sorte que les oscillations de ce dernier ne sont pas troublées. La tige du pendule communique avec l'un des pôles d'un circuit, tandis que la plaque, ou les plaques, s'il y en a une de chaque côté, communiquent avec l'autre pôle. On obtient ainsi un ou deux signaux par seconde, signaux qui sont enregistrés par l'électro-aimant intercalé dans le circuit.

C. **Le métronome.** — I. KLEMENSIEWICZ a enregistré les mouvements d'un métronome de la façon suivante :

On fait agir le balancier du métronome sur un ou deux tambours à air de MAREY placés de chaque côté de l'appareil. Chaque fois que le balancier touche la membrane du tambour, l'air qui en est chassé pénètre dans le tambour inscripteur, et on a un trait sur la surface enregistrante.

Au lieu de faire agir le balancier directement sur la membrane, on peut le faire agir sur un fort levier qui se trouve relié à la membrane (Dispositif de LANGENDORFF).

VERDIN, observant que les chocs imprimés à la membrane du tambour altèrent les oscillations du balancier d'une quantité variable et inconnue, a confié cette fonction à la roue dentée qui commande l'échappement du rouage qui met en mouvement le balancier. Pour cela la roue dentée est munie de chevilles qui, à chaque oscillation, frappent un tambour à air.

II. Les mouvements du métronome peuvent être enregistrés au moyen d'une transmission électrique de la façon suivante :

On fixe sur le balancier du métronome un fil de cuivre recourbé, et amalgamé à son extrémité. Cette extrémité du fil plonge à chaque mouvement du balancier dans un petit godet rempli de mercure. Le godet à mercure d'une part, le métronome de l'autre, étant reliés aux électrodes d'une pile, à chaque mouvement du balancier il se produit un

contact, et par conséquent le circuit électrique est fermé. Un signal électro-magnétique intercalé dans le circuit, enregistre les mouvements du balancier sur une surface enregistreuse.

Le courant électrique peut ne pas traverser le métronome, si au lieu d'un godet à mesure on en prend deux à côté du métronome et si l'on place à l'extrémité de l'arc fixé au balancier un fil à deux branches recourbées. Ces branches, plongeant dans le mercure des godets, ferment le courant électrique d'une pile dont les électrodes sont en relation avec les godets.

III. Il y a des métronomes, comme par exemple celui de NOEL et LE BON (1878), qui sont pourvus à la fois d'un contact électrique et d'un tambour à air.

D. **Stalamochronographie.** — L'isochronisme de la chute des gouttes d'un

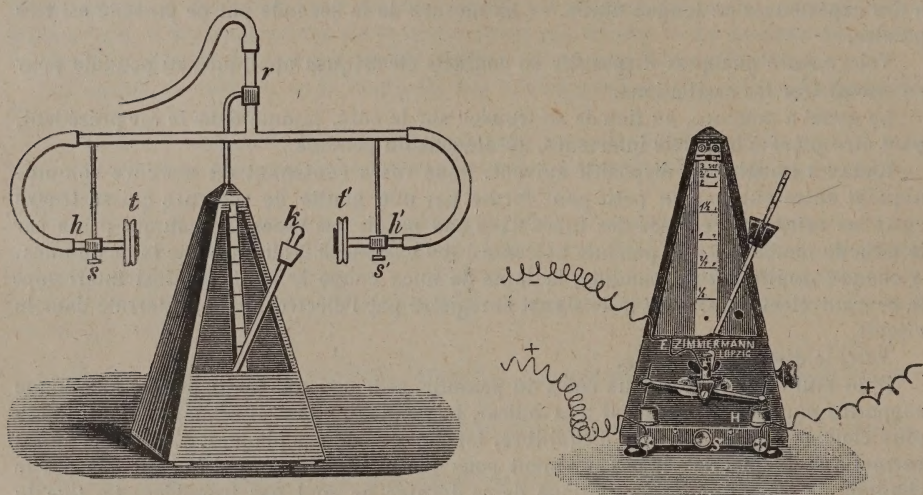


FIG. 100. — Métronomes.

liquide, s'écoulant par un orifice étroit sous une charge constante, a été employé par GRÜTZNER (1887) pour évaluer la durée des phénomènes.

SIGALAS a utilisé aussi ce phénomène de la façon suivante :

Deux tambours de MAREY étant conjugués, on met sur l'extrémité du levier d'un des tambours une petite cupule à convexité supérieure ; les gouttes qui tombent d'un flacon de MARIOTTE viennent frapper sur cette cupule. Chacun des chocs provoqués par la chute d'une goutte se trouve enregistré par le tambour inscripteur. Le réglage de la chute des gouttes se fait en agissant : 1° sur le tube du flacon de MARIOTTE, pour varier la charge de la chute ; 2° sur le robinet d'écoulement, dont la clef est munie d'un levier, déplaçable sur un cercle divisé, grâce auquel on peut produire des variations lentes et progressives de la lumière du tuyau de sortie. Pour des vitesses d'écoulement ainsi réglées, à 1, 2, 3, 5, etc. par seconde, les oscillations représentées sur le tracé correspondent évidemment à $1''$, $\frac{1''}{2}$, $\frac{1''}{3}$, $\frac{1''}{5}$, etc.

§ II. — Mesures des petites durées.

Le vrai moyen de mesurer le temps, c'est de compter le nombre de vibrations d'une tige vibrante. Cette méthode d'estimer le temps, base de la chronographie, est due à THOMAS YOUNG (*A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*, 1807, I, p. 191) qui se sert à cet effet d'une tige vibrante munie d'un style.

DUHAMEL (1844) a appliqué cette méthode à l'étude des vibrations des cordes.

WERTHEIM (1844), le premier, l'employa à déterminer le nombre des vibrations d'un son à l'aide d'un diapason de tonalité connue (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 1844, (2), XII, 385).

A. Le diapason. — I. Les vibrations du diapason, ayant une amplitude rapidement décroissante, le diapason ne pouvait servir à mesurer le temps, pendant une expérience de quelque durée, si l'on n'avait des moyens pour entretenir ses vibrations¹.

1) Parmi les moyens employés, il faut citer en premier lieu l'emploi de l'électricité.

L'entretien, par l'électricité, d'un diapason est un problème résolu depuis longtemps par HELMHOLTZ, REGNAULT, FOUCAULT et autres physiciens.

Le principe de ce moyen est le même que celui de l'*interrupteur de WAGNER*. Une des branches d'un diapason forme l'armature d'un électro-aimant; le tout, électro-aimant et diapason, est disposé comme une sonnerie trembleuse, et la branche vibrante elle-même, en touchant un contact ou en s'en éloignant, établit ou interrompt un courant électrique synchroniquement avec le mouvement vibratoire; la branche mobile est par suite attirée régulièrement, et le mouvement est entretenu aussi longtemps qu'on le désire.

L'entretien du mouvement du diapason, de même que celui d'une lame vibrante quelconque, n'exige pas que l'action électrique s'effectue à chaque période. En ne réalisant cette action que toutes les 2, 3, 4 ou 5 périodes, on peut obtenir une subdivision de plus en plus grande du temps. C'est le procédé employé par CORNU dans ses belles expériences sur la vitesse de la lumière, pour inscrire le $1/10^e$ de seconde en même temps que la seconde sur un cylindre enregistreur.

Il est bon, dans les recherches de grande précision, de contrôler par l'observation d'une horloge bien réglée la durée d'un grand nombre d'oscillations du diapason; car l'attraction électro-magnétique peut altérer légèrement la durée de la vibration.

2) Les électro-diapasons ont pris une forme pratique et industrielle. Il y en a de diverses formes, avec l'électro-aimant disposé de différentes manières. L'électro-aimant peut être double, comme dans les électro-diapasons système LISSAJOUS et

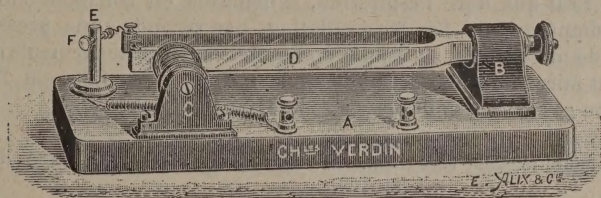


Fig. 101. — Électro-diapason de VERDIN.

système MARCEL DEPREZ; il réagit alors extérieurement sur les deux branches du diapason. Il peut être simple, comme dans le système MERCADIER adopté par BREGUET et DUBOSQ, et dans ce cas il peut être placé entre les deux branches du diapason.

MERCADIER a montré que le même appareil d'entretien peut s'appliquer à des diapasons différents, moyennant une légère modification de la pile.

Généralement, un élément TAUCH de grosseur moyenne suffit pour entretenir un diapason automatique et pour faire fonctionner l'électro-aimant inscripteur.

On a construit plusieurs types de diapason entretenus électriquement. Ainsi KOENIG a construit des diapasons avec des contacts à mercure ou avec des contacts de platine.

La position de l'électro-aimant par rapport aux branches du diapason est aussi variable. L'électro-aimant peut être placé entre les deux branches du diapason, comme dans le diapason interrupteur construit par KOENIG; ou bien il peut être placé à côté d'une des branches, comme dans l'appareil construit par VERDIN (fig. 101).

Dans l'appareil de KOENIG le contact électrique s'établit entre une colonne métal-

1. Pour les diapasons de fabrication française, le nombre des oscillations par seconde est donné en demi-vibrations; pour les diapasons allemands, les vibrations sont comptées en vibrations entières, nommées aussi oscillations doubles.

lique et une tige k en platine. La colonne et l'électro-aimant étant mobiles dans deux fentes, on peut régler l'appareil.

Au lieu d'un seul électro-aimant il peut y en avoir deux, un de chaque côté des deux branches du diapason.

PFAUNDLER a construit un diapason interrupteur à mercure; deux électro-aimants entretiennent les vibrations du diapason; une tige fixée à une des branches, plonge à chaque vibration dans le mercure contenu dans le godet.

3) GUILLET (1900) a trouvé un procédé d'entretien qui s'applique aussi bien au pendule qu'au diapason. Le voici :

L'électro-aimant est en série avec le fil d'une bobine dont le gros fil reçoit le courant d'une pile. Les interruptions ayant lieu juste au moment où le diapason passe par sa position d'équilibre, les charges induites à l'ouverture et à la fermeture du courant primaire impriment aux branches du diapason des impulsions favorables. On peut obtenir des interruptions du primaire à l'aide d'un microphone, dont les mouvements sont commandés par le diapason lui-même, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un milieu interposé. Lorsque les crachements ont disparu et que le microphone rend un son musical à l'unisson de celui du diapason, l'amplitude du mouvement des branches du diapason atteint sa valeur maximum.

4) EWALD (1888) a proposé d'entretenir les oscillations d'un diapason au moyen d'un courant d'air ou d'un courant d'eau. — Ce procédé est beaucoup plus simple que le procédé électrique.

Le courant liquide ou gazeux peut agir de deux façons sur le diapason : en exerçant une aspiration ou en exerçant une pression. Dans les deux cas, on fixe à l'extrémité de l'une des branches du diapason une petite tige longue de 10 millimètres de diamètre. Cette petite plaque est placée en face de l'ouverture d'un tube dans lequel passe un courant d'eau ou d'air. — A l'aide d'une trompe à eau on peut exercer une aspiration dans le tube. — Tant que dure l'aspiration, le diapason est constamment en mouvement. Pour un diapason qui fait 50 oscillations par seconde, une pression négative de 3 millimètres de mercure est suffisante pour entretenir ses mouvements indéfiniment.

Quand on veut faire agir une pression au lieu d'une aspiration, on fait passer le courant liquide ou gazeux entre la plaque et le diapason.

II. L'enregistrement des vibrations d'un diapason peut se faire de différentes manières.

1) En collant une soie de porc ou une petite plume sur une des branches d'un diapason entretenu électriquement, et en le plaçant à côté d'une surface enregistrante, on obtient le tracé direct des vibrations du diapason. C'est ainsi qu'a procédé MERCADIER.

Cette façon d'enregistrer les mouvements du diapason altère très peu le nombre des vibrations par seconde. — KOENIG a constaté qu'un diapason, qui ferait 256 vibrations par seconde, fait, quand il enregistre ses mouvements, $1/6$ de vibrations de moins par seconde.

Ce procédé d'enregistrement n'est pas commode.

2) L'enregistrement du diapason se fait généralement au moyen de la transmission électrique. — Un second diapason, en tout semblable au premier, est placé à côté du cylindre enregistreur et est pourvu d'une plume. — Ce procédé, qui exige deux diapasons, un primaire et un autre secondaire, est très encombrant.

Le diapason secondaire est remplacé par un signal électrique, comme ceux que nous avons décrits dans un chapitre précédent. — Ces signaux électro-magnétiques qui enregistrent le temps s'appellent des *chronographes*.

Le *chronographe de MAREY* se compose d'un électro-aimant présentant une masse de fer doux en face de laquelle se trouve une petite masse de fer doux, l'armature fixée sur une lame d'acier munie d'une plume. — La longueur de la lame d'acier doit varier avec le nombre des vibrations que l'on veut enregistrer. Pour faire le

réglage de cette longueur, l'appareil présente une vis spéciale. — En tournant cette vis on déplace un étau mobile qui maintient la lame d'acier. — L'électro-aimant entretient les vibrations de la lame d'acier, en produisant, pendant le passage du courant, une série d'attractions renouvelées autant de fois qu'il y a de vibrations à enregistrer.

Si l'appareil est réglé de façon que la lame du chronographe ait des vibrations propres du même nombre que celles du diapason, on voit, dès que le circuit électrique est fermé, le chronographe vibrer à l'unisson du diapason. Si le style du chronographe n'est pas soigneusement accordé pour le nombre de vibrations que le diapason exécute, il reste immobile, et le diapason vibre seul. Il suffit alors d'un léger tâtonnement pour amener, au moyen de la vis de réglage, le style du chronographe au nombre voulu de vibrations. Alors, les vibrations durent tant que la pile conserve une énergie suffisante, c'est-à-dire très longtemps.

Un même chronographe peut donner, à volonté, différents nombres de vibrations par seconde; il faut alors prendre, comme interrupteurs du courant, des diapasons du nombre que l'on veut obtenir, et régler le chronographe à l'unisson de l'interrupteur employé.

Avec un même interrupteur, on peut donner au chronographe des nombres divers de vibrations, qui varient du simple au double. Par exemple, avec un diapason de 100 vibrations par seconde, on peut faire vibrer le chronographe 200 fois par seconde; il suffit pour cela d'accorder le style à l'octave aiguë du diapason.

Le chronographe de MAREY donne, généralement, 100 vibrations par seconde.

Le chronographe proprement dit est porté par une tige à crémaillère; à l'aide d'une vis, on varie la longueur de cette tige, ce qui permet de bien disposer la plume de l'appareil sur le cylindre; les fils électriques sont fixés aux bornes.

Quand on veut n'inscrire les mouvements d'un chronographe que pendant un petit instant, on place le chronographe sur une pièce basculante qui, sous l'influence d'un électro-aimant, ne s'approche de la surface enregistrante qu'au moment voulu. — Le chronographe vibre cependant, même quand il est éloigné de la surface enregistrante. Cet appareil inscrit ses mouvements également bien sur une surface horizontale ou sur une surface verticale.

Le chronographe de v. FLEISCHL (1883) ressemble à celui de MAREY : seulement sa lame vibrante présente une longueur fixe. — Elle est placée entre les pôles de l'électro-aimant dont elle est rapprochée ou éloignée à l'aide d'une vis.

Quand on considère le style vibrant d'un chronographe, on voit que le style décrit une oscillation dont les limites sont constituées par deux images divergentes formant une sorte de V.

Pour prouver le parfait synchronisme de deux chronographes, on regarde si, en les

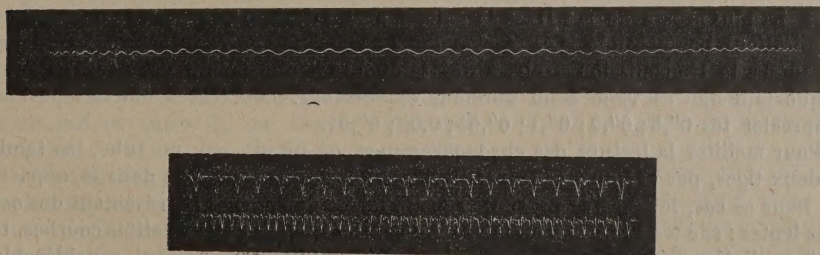


FIG. 102. — Inscriptions des tracés chronographiques.

tenant perpendiculairement l'un à l'autre, les deux V peuvent être amenés à se pénétrer l'un l'autre sans qu'il se produise de choc entre les deux styles.

3) Les vibrations d'un diapason peuvent être enregistrées au moyen de la transmission à air. Pour cela une des branches du diapason est reliée à la membrane d'un tambour à air de MAREY. Ce tambour est tout à fait identique à celui que nous avons décrit en parlant du tambour enregistreur. Ce dernier tambour reçoit, par l'intermé-

diacre d'un tube qui le relie avec le tambour explorateur placé à côté du diapason, les mouvements de la membrane synchrones aux vibrations du diapason.

En variant la position du tambour placé à côté du diapason, on varie l'amplitude du mouvement de la membrane; plus le tambour est rapproché de la base du diapason, plus l'amplitude des mouvements qu'il reçoit est petite.

B. Lames vibrantes — 1) Le chronographe de KRONECKER et GRUNMACH est basé sur le principe du sifflet à languette (*Zungenpfeife*). — Cet appareil se compose d'un tube de cuivre jaune, présentant une fente dans laquelle peut se mouvoir une lame d'acier, qui fait 100 vibrations par seconde. En aspirant l'air contenu dans le tube à l'aide d'un tube en caoutchouc en communication avec une trompe à eau, ou en aspirant simplement avec la bouche, la lame commence à vibrer. Un style enregistreur, fixé à la lame, trace les mouvements de la languette sur une surface enregistrante. — Entre le sifflet et la trompe se trouve intercalé un résonateur accordé à une tierce supérieure.

2) CASTAGNA (de Vienne) a construit un chronographe formé d'une lame métallique sur laquelle peut se déplacer un poids. Un levier enregistreur, placé tout près de la partie fixe de la lame vibrante, enregistre directement ses mouvements. — Des repères tracés indiquent où il faut placer le poids pour avoir un nombre donné d'oscillations par seconde.

3) Il existe des lames vibrantes entretenues électriquement comme les diapasons, et enregistrant leurs oscillations par l'intermédiaire d'un signal électrique.

L'interrupteur acoustique de BERNSTEIN peut aussi être employé pour la mesure des durées. Cet appareil se compose d'une lame d'acier vibrante, dont les vibrations sont entretenues électriquement comme celles du diapason. La lame vibrante peut être remplacée aisément par d'autres lames, d'élasticité et de longueur variables. On peut apprécier le nombre des vibrations de ces lames en les intercalant dans le courant d'un téléphone et en écoutant le son auquel elles donnent naissance.

En variant la longueur du ressort à l'aide d'une pince qui peut se fixer à des endroits variables, et en choisissant des lames d'épaisseur variable, on peut avoir de 5 à 250 vibrations par seconde. Un courant faible suffit pour entretenir les vibrations de la lame. Cet appareil a été construit par ZIMMERMANN (Leipzig).

C. Tiges vibrantes. — Le *chronoscope* de KAGENAAR se compose de six tiges d'acier placées sur un support. Le mouvement vibratoire de ces tiges est entretenu électriquement. La plus grosse de ces tiges fait deux oscillations par seconde; la plus petite, 50 vibrations par seconde. Les mouvements de chacune de ces tiges sont transmis au moyen de la transmission à air, à des tambours enregistreurs de MAREY. Pour cela, chaque tambour est relié à un tambour explorateur. Les tracés obtenus permettent d'apprécier les 0'',5; 0'',2; 0'',1; 0'',04; 0,02; 0'',01.

Pour faciliter la lecture des chronogrammes, on réunit, par un tube, les tambours de deux tiges, par exemple ceux des tiges dont les vibrations sont dans le rapport de 1 à 5. Dans ce cas, le tracé se présente sous la forme de courbes représentant des oscillations lentes: sur les branches de la grande courbe il y a d'autres petites courbes, toutes les 5 oscillations, on observe une courbe ayant une amplitude plus considérable que celle des autres courbes.

§ III. — Enregistrement microphonique des chronomètres.

BERGET (1889) a fait l'enregistrement microphonique de la marche des chronomètres.

Un microphone de HUGHES à charbon vertical et à support léger, placé sur la boîte d'un chronomètre, est en relation avec un téléphone sur la plaque vibrante duquel est

un transmetteur microphonique à quatre charbons. Ce transmetteur est en relation avec un récepteur téléphonique dont la membrane vibrante exécute des mouvements d'amplitude suffisante pour rompre à chaque fois le contact établi entre une pointe de charbon et une mince lame de platine fixée à la membrane. On enregistre ainsi, à l'aide d'un électro-aimant intercalé dans le circuit interrompu par la membrane téléphonique, les chocs du chronomètre, c'est-à-dire les battements de l'échappement, sur un cylindre recouvert de noir de fumée.

Cette méthode s'applique aussi à l'inscription de la marche d'une horloge astronomique à balancier.

§ IV. — Chronoscopie.

1) Les mécanismes d'horlogerie et des dispositifs électriques spéciaux servent à la mesure des petits intervalles de temps. WHEATSTONE, le premier, a employé de tels dispositifs de la façon suivante.

Il fermait d'abord un courant électrique dans le circuit duquel était intercalé un électro-aimant qui agissait sur une montre. Quand le courant était fermé, l'armature de l'électro-aimant arrêta la marche de la montre. Au début du temps qu'on voulait mesurer, on ouvrait le courant, ce qui faisait que, l'électro-aimant n'agissant plus sur l'armature, la montre se mettait en marche. A la fin de l'intervalle étudié on fermait le courant, ce qui arrêta la marche de la montre. D'après les positions de l'aiguille, au début et à la fin de l'expérience, on déduisait la durée de l'intervalle étudié. La montre donnait non seulement des secondes, mais aussi des fragments de seconde.

Ce procédé comporte une erreur, le temps perdu pour la mise en marche de la montre; car il faut un certain temps pour qu'une montre prenne son mouvement uniforme.

2) Le *chronoscope* de HIPP présente sur celui de WHEATSTONE l'avantage suivant : son mécanisme d'horlogerie n'est jamais arrêté ou mis en marche par l'électro-aimant; le rôle de ce dernier est de rompre ou d'établir le contact entre une roue de la montre et une aiguille qui se déplace devant un cadran. De cette façon on peut avoir avec précision la durée d'un intervalle de temps. Voici la description de l'appareil de Hipp.

Sur une table de bois, supportée par des colonnes, se trouve placé le mécanisme d'horlogerie. Sur la face antérieure de ce mécanisme d'horlogerie se trouvent deux cadrans avec leur aiguille. Chaque cadran est divisé en 100 parties. L'aiguille du cadran z_1 fait un tour en 10 secondes; une division du cadran représente donc $0''{,}1$. L'aiguille du cadran z_2 fait un tour en $0''{,}1$; une division de ce cadran représente donc $0''{,}001$. Le mécanisme d'horlogerie est mis en mouvement par un poids, dont le cordon d'attache s'enroule autour de l'axe de la clef de l'appareil. Le sens de rotation de la clef est l'inverse de celui du mouvement des aiguilles. Pour tourner la clef, il faut soulever la cloche de verre qui couvre l'appareil. Deux leviers servent à l'arrêt ou à la mise en marche de l'appareil. Des fils attachés à ces leviers traversent la table support. En tirant un fil p_1 , on abaisse le premier levier, et ainsi on met en marche l'appareil : en tirant sur un autre fil, on abaisse le second levier, et on arrête le mouvement de l'appareil.

A la partie postérieure de l'appareil se trouve l'électro-aimant MM qui agit sur l'armature A. — L'armature A est fixée à l'extrémité inférieure d'un levier mobile autour de l'axe a . Le ressort T tient l'armature A éloignée de l'électro-aimant, quand le courant ne passe pas. Quand le courant passe, l'armature étant attirée, l'extrémité supérieure du levier avance dans la boîte qui contient le rouage, ce qui fait que l'axe de l'aiguille du cadran supérieur se trouve dérangé dans sa position. Alors une cheville qui se trouve sur cette aiguille est poussée hors des dents d'une des roues du rouage, ce qui fait que l'aiguille, n'étant plus en relation avec le rouage, s'arrête. Donc, tant que le courant passera, l'aiguille supérieure, et aussi l'aiguille du cadran inférieur, resteront immobiles, quoique le rouage soit en mouvement. — Quand le courant est rompu, la cheville de l'aiguille se fixant entre les dents d'une roue, les aiguilles se déplaceront sur leurs cadrans. Pour que l'appareil fonctionne bien, il faut qu'on puisse

régler la position de l'armature ; c'est à cela que sert la vis S qui commande la tension du ressort T.

Pour mesurer la durée d'un intervalle avec le chronoscope de HIPPEL, on procédera donc de la façon suivante : avant le début du phénomène, le courant est fermé, les aiguilles sont par conséquent immobiles ; on lit leurs positions sur les cadrans. — Au début du phénomène on ouvre le courant, ce qui fait que les aiguilles commencent à se mouvoir. — A la fin du phénomène, on ferme le courant, ce qui fait que les aiguilles s'arrêtent ; on lit de nouveau leurs positions sur le cadran. — La différence entre les chiffres donnés par les deux lectures donne la mesure de la durée cherchée.

3) Le chronomètre de D'ARSONVAL (1886), à embrayage magnétique, est fondé sur le principe suivant :

Un axe entraîné par un mouvement d'horlogerie fait exactement un tour par seconde. Cet axe est terminé par un petit électro-aimant qui tourne avec lui. En face de l'électro-aimant mobile, et sur le prolongement de l'axe, se trouve un second axe portant une aiguille légère qui peut se mouvoir sur un cadran divisé en 100 parties. Cet axe est terminé par un petit disque de fer-blanc faisant face aux pôles de l'électro-aimant tournant. Un ressort antagoniste éloigne ce disque de l'électro-aimant, tant que celui-ci n'est pas aimanté par le passage du courant. Donc, tant que le courant ne passe pas, l'électro-aimant tourne seul. Quand on supprime le courant, le ressort antagoniste s'embraye, et l'aiguille reste fixée sur le cadran. Grâce à l'extrême légèreté de l'aiguille et à la grande force antagoniste du ressort, l'inertie de l'appareil n'est autre que celle du signal de DEPREZ lui-même, qui est égale à 1/700 de seconde environ. — Le mécanisme d'horlogerie présente un régulateur FOUCAULT. — VERDIN en a fait un appareil de poche extrêmement commode.

4) Le contrôle des chronoscopes se fait à l'aide de la loi de la chute des corps. — Il faut que les chiffres donnés par le chronoscope soient identiques à ceux qui sont donnés par la relation :

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

dans laquelle t représente la durée, s la hauteur de la chute en mètres, et g est égal à 9^m,8.

Pour la mesure de la chute d'un corps on se sert d'un appareil spécial qui permet d'avoir une ouverture du courant au moment où le corps commence à tomber, et une fermeture au moment de la fin de la chute.

HIPPEL a construit un appareil spécial de ce genre qui sert au contrôle de son chronoscope.

A l'aide d'un rhéocorde et d'un galvanomètre intercalés dans le circuit, on règle l'intensité du courant qui agit sur l'électro-aimant du chronoscope.

VII

Enregistrement d'un mouvement quelconque et du temps à l'aide d'un seul style enregistreur.

Il existe des procédés qui permettent d'enregistrer le temps directement sur la courbe du phénomène qu'on étudie.

I. GRASHEY, qui a introduit en physiologie la méthode de l'enregistrement au moyen d'étincelles électriques, a employé le dispositif suivant dont voici le schéma.

Le tambour enregistreur, qui trace la courbe d'un mouvement quelconque (des battements du cœur, des pulsations des artères, par exemple), présente un style enre-

gistrateur métallique. Ce style communique avec l'un des pôles de la bobine secondaire de RUHKORFF. L'interrupteur de cette bobine est représenté par un diapason dont les vibrations sont entretenues à l'aide d'un courant de pile.

Le cylindre enregistreur métallique communique aussi par son axe avec un des

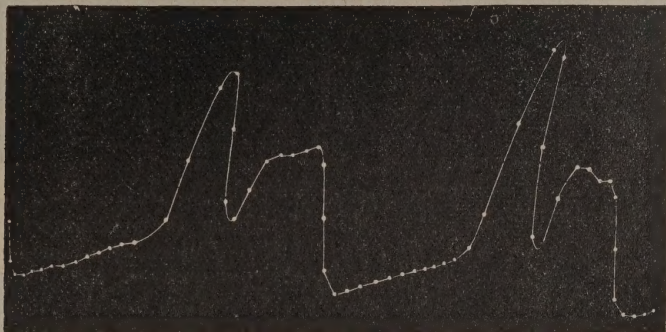


Fig. 103. — Battements du cœur, avec inscription du temps (ZIEMSEN et MAXIMOWITSCH).

pôles de la bobine de RUHKORFF. Chaque fois que le diapason établit un contact, une étincelle éclate entre le cylindre et le style métallique du tambour. Cette étincelle laisse, comme trace, sur le papier noirci une tache blanche, le noir de fumée étant brûlé. Si le diapason fait 50 vibrations par seconde, l'intervalle entre les taches représente $0'',02$ de seconde.

La figure 103, empruntée à V. ZIEMSEN et MAXIMOWITSCH, représente un tracé obtenu à l'aide de ce procédé. La courbe représente les battements du cœur ; l'intervalle entre deux taches représente un intervalle de $0'',028$ de seconde, parce que le diapason employé donnait 36 vibrations par seconde.

II. HENSEN et son élève KLUNDER, pour obtenir sur un seul tracé l'inscription d'un phénomène et celle du temps, ont employé le procédé suivant (représenté par la figure 104). Un tambour à air trace ses mouvements sur une plaque fixée à une branche

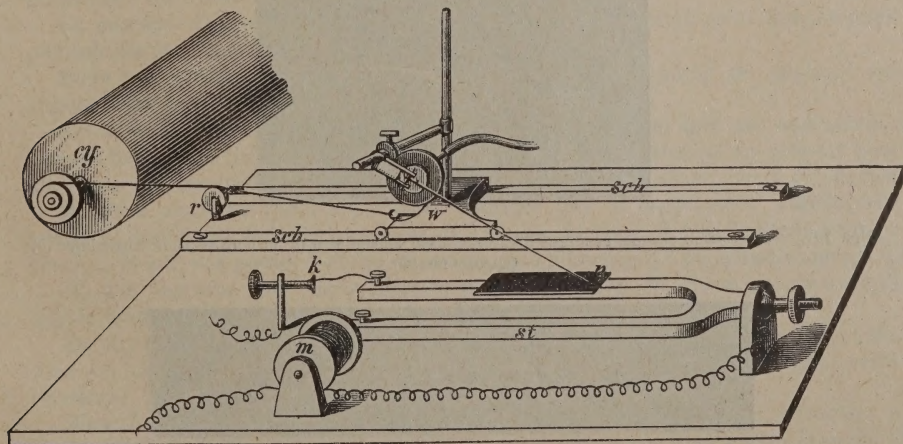


Fig. 104. — Appareil de HENSEN et KLUNDER pour l'inscription chronographique.

de diapason. Les vibrations de ce diapason (*st*) sont entretenues électriquement à l'aide de l'électro-aimant (*m*) et du contact (*k*).

Le tambour enregistreur est fixé sur un chariot (*w*) mobile sur des rails (*sch*). Un

moteur quelconque (l'arbre d'un cylindre enregistreur par exemple) met en mouvement le chariot, à l'aide d'un fil qui se réfléchit sur une poulie (r).

La figure 105 représente un tracé obtenu à l'aide de ce procédé. Les grandes ondu-

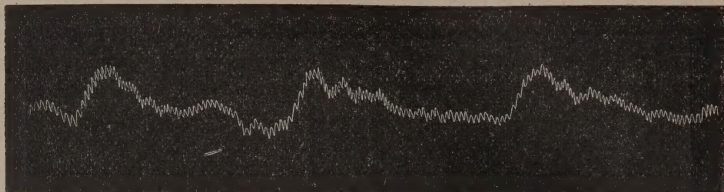


Fig. 105. — Inscription chronographique des pulsations de la carotide (HENSEN et KLUNDER).

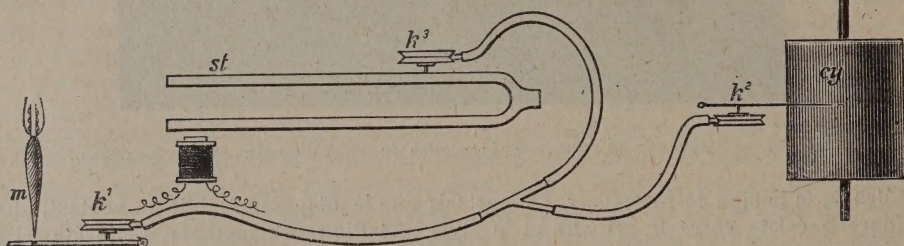


Fig. 106. — Appareil pour l'inscription chronographique d'un phénomène (LANGENDORFF).

lations de ce tracé représentent les pulsations de la carotide; les petites ondulations, les mouvements d'un diapason qui fait 64 oscillations par seconde.

III. LANGENDORFF a employé un procédé très simple (représenté schématiquement par

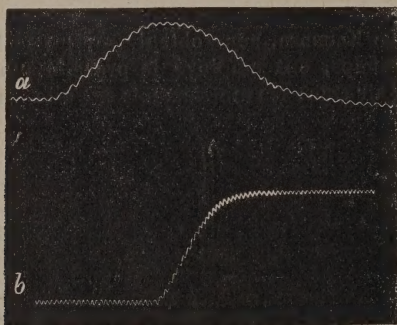


Fig. 107. — Inscription chronographique d'une secousse musculaire (a) et d'un tétanos musculaire (b) (LANGENDORFF).

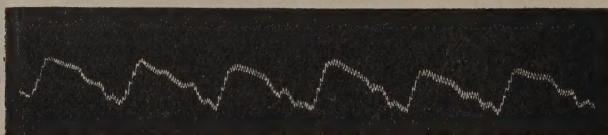


Fig. 108. — Inscription chronographique du pouls.

la figure 106), qui permet d'inscrire, sur un seul tracé, la courbe d'un phénomène quelconque et la courbe chronographique.

Le tambour enregistreur (k^2) communique, à l'aide d'un tube à deux branches, d'une

part avec un tambour explorateur (k_1), qui reçoit le mouvement qu'on veut étudier (les contractions du muscle (m) par exemple), et d'autre part avec un autre tambour explorateur (k_2) qui reçoit les mouvements d'un diapason entretenu électriquement.

La figure 107 représente deux exemples de tracés obtenus à l'aide de ce procédé. La courbe a représente une simple secousse du muscle gastrocnémien de la grenouille; le tracé b , le commencement d'un tétanos.

Les petites sinuosités de ces courbes représentent les mouvements d'un diapason qui faisait 150 vibrations par seconde.

VIII

Supports. Chariot.

I. Les appareils enregistreurs, tambours à air, signaux électriques, etc., sont placés à côté de la surface enregistrante sur des supports spéciaux. Dans certains cas, le support fait corps avec l'appareil enregistreur; dans d'autres, il est complètement indépendant. — Un bon support doit être solide et facilement réglable, c'est-à-dire présentant des vis qui permettent de l'éloigner ou de l'approcher facilement de la surface enregistrante.

Nous ne pouvons pas décrire ici les différentes formes de support. Citons le support à bascule de MAREY, le support de COWL, le support universel à crémaillère de VERDIN, etc.

Il est bon que les tiges des supports employés dans un laboratoire, et les viroles des appareils qui se fixent sur ces tiges, aient toutes les mêmes diamètres. De cette façon les pièces des supports sont interchangeable.

On fait des viroles à deux trous, ce qui permet que la même pièce portée par la virole puisse être fixée, tantôt sur une tige verticale, tantôt sur une tige horizontale.

II. Quand on veut enregistrer un phénomène pendant longtemps, il faut faire en sorte que le style laisse la trace de ses mouvements sur des points différents de la surface du cylindre. A cet effet, bien des cylindres enregistreurs présentent un dispositif spécial de descente automatique. Pour les cylindres qui ne peuvent pas avoir ce mouvement, il faut que le style inscripteur se transporte parallèlement à la génératrice du cylindre d'un mouvement lent.

Ce procédé d'enregistrement en spirale ou en hélice paraît avoir été introduit en physiologie par DONDERS.

Pour cette sorte d'enregistrement, MAREY (1866) a employé un appareil spécial appelé *chariot automoteur*.

Cet appareil se compose d'un mécanisme d'horlogerie qui met en mouvement une vis sans fin; sur la vis se trouve placé un chariot, et sur le chariot un support pour les appareils. Les mouvements de la vis sans fin provoquent le déplacement du chariot.

MAREY a employé aussi un chariot entraîné par le mouvement d'horlogerie du cylindre. Une corde sans fin passe sur une poulie, formant la tête de la vis sans fin du chariot, et sur une poulie à gorge du mécanisme d'horlogerie du cylindre enregistreur.

De tels chariots font partie intégrante de beaucoup de chronographes employés depuis longtemps en astronomie et en balistique.

En physiologie, SCHELSKE (1864) a employé un chariot de déplacement avant MAREY, dans ses recherches sur la vitesse de propagation de l'excitation dans les nerfs de l'homme.

WITTICH (1868) a employé un chariot mis en mouvement de la façon suivante :

Sur l'axe du cylindre enregistreur se trouvait une poulie à gorge sur laquelle s'enroulait une corde qui allait, après avoir passé sur une autre poulie, s'attacher à un chariot se déplaçant sur des rails parallèles à l'axe du cylindre.

IX

Préparation des surfaces enregistrantes.

I. C'est THOMAS YOUNG qui le premier a employé, pour obtenir des tracés, un cylindre recouvert d'une couche fine de noir de fumée.

HELMHOLTZ enduisait directement le cylindre en verre de son myographe de noir de fumée.

VOLKMANN semble être le premier qui eut l'idée de ne pas noircir la surface du cylindre, mais la surface d'une feuille de papier collée sur le cylindre.

Ce dernier procédé est celui qu'on emploie à présent; il permet la conservation des tracés. Il suffit pour cela de couper, à l'aide de la pointe d'un couteau, le papier suivant une génératrice du cylindre, pour détacher la feuille de papier qui n'est collée que par ses bords.

Il y a des cylindres enregistreurs sur lesquels la feuille de papier n'est pas collée du tout, mais simplement appliquée à l'aide d'un ressort. — Dans le Kymographion de TRAUBE, la lame du ressort ne s'enlève pas complètement; elle est articulée à la base du cylindre.

Il est bon, dans une expérience, d'avoir toujours deux cylindres préparés d'avance recouverts de papier et noircis, pour pouvoir continuer l'enregistrement du phénomène, étudié sans trop d'arrêt.

Le papier doit être lisse, mince et solide. Parfois on peut employer du papier glacé au blanc de zinc.

Pour appliquer une feuille sur le cylindre, on place celui-ci horizontalement sur l'axe de l'appareil, ou sur un support quelconque, on glisse la feuille en dessous, tenant en haut la face qui porte le bord gommé; celui-ci est humecté. En refermant la feuille autour du cylindre, on a soin que le bord gommé et humide recouvre l'autre bord sur lequel on l'applique exactement.

Le noircissage se fait généralement à l'aide de la flamme d'une bougie qu'on glisse sous le cylindre. — On se sert à cet effet de ces bougies à grosse mèche, ayant très peu de cire, et qu'on vend dans le commerce sous le nom de rat-de-cave. On glisse une de ces bougies allumée sous le cylindre de façon que la pointe de la flamme vienne lécher la surface du papier; on tourne le cylindre à la main, et l'on promène la bougie d'un bout à l'autre du cylindre.

Au lieu d'une bougie, on peut se servir aussi d'une lampe à pétrole ou à térébenthine qui donne une fumée épaisse. Dans ce cas, le noircissage se fait plus vite, mais la surface noircie est plus floconneuse.

On peut noircir le papier à l'aide du camphre brûlant.

CHAUVEAU emploie la flamme d'hydrogène carburé que fournit une petite rampe dont le gaz traverse un flacon rempli de pierre ponce imbibée de benzine.

HÜRTHLE a fait construire un petit appareil spécial à l'aide duquel on souffle le noir de fumée de la lampe sur le papier, ce qui permet d'avoir un noircissage régulier. L'appareil de HÜRTHLE se compose d'une sorte d'entonnoir, recouvrant la flamme d'une lampe à pétrole ou à gaz, terminé à sa partie supérieure par un tube horizontal mis en relation avec un ballon de caoutchouc qui sert de soufflerie (fig. 109).

MOROKHOVETZ emploie pour noircir le papier une lampe à pétrole qui a la forme d'une boîte allongée en fer-blanc. Cette boîte est munie d'un mécanisme qui permet de régler la mèche d'après la longueur du cylindre enregistreur. Pour ne pas brûler le papier, on place la lampe sous un cylindre ordinaire, rempli de glace ou d'eau froide, que l'on introduit par une ouverture munie d'un bouchon.

Dans les cas où il s'agit de noircir une bande de feuille sans fin, le noircissage du papier peut se faire automatiquement de la façon suivante :

La bougie ou la lampe est placée sur un chariot qui chemine lentement d'un bout à l'autre du cylindre. — Au lieu d'avoir le déplacement de la bougie, on peut avoir le

déplacement du cylindre, si celui-ci est porté par un axe fileté qui tourne dans un écrou. C'est ce dispositif qu'on emploie pour le noircissage des grands cylindres.

II. Quand on emploie comme surface enregistrante une plaque, on peut la recouvrir d'une feuille de papier qu'on noircit, ou bien on peut noircir directement la plaque de verre.

On peut obtenir le tracé d'un mouvement par grattage d'une pointe de diamant. Si l'on emploie des disques de verre argentés par le procédé FOUCAULT-MARTIN, un frottement très faible suffit pour produire un trait très fin et très net.

Au lieu de noircir les disques avec du noir de fumée, on peut les couvrir d'une couche d'une substance colorante. Les couleurs d'aniline, les violets surtout, étant très solubles dans l'eau, présentent des inconvénients. En effet, la moindre condensation d'humidité sur le verre produit des taches et peut effacer les tracés. FAVÉ a employé

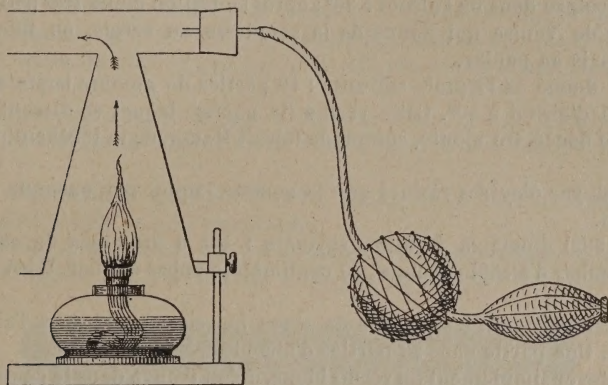


FIG. 109. — Appareil de HÜRTLE pour noircir les tracés.

l'azotate de rosaniline, qui est très peu soluble dans l'eau. Voici la formule qu'il propose : dissolution saturée d'azotate de rosaniline dans l'alcool à 95°, soit 2 grammes pour 100 centimètres cubes d'alcool ; on ajoute 10 centimètres cubes d'éther. Cette solution est versée sur le disque légèrement chauffé et tenu d'abord horizontalement. Lorsque la surface est couverte, on la renverse verticalement et on la présente devant un feu ardent, en essuyant rapidement et constamment le liquide qui s'amasse à la partie inférieure, sur la tranche. — La couche ainsi obtenue sèche en quelques secondes ; elle est uniforme. — On peut en varier l'épaisseur en augmentant ou en diminuant la proportion d'éther.

III. Au lieu de faire l'enregistrement sur des plaques de verre, on peut, comme l'a fait VOSMAER (1899), employer des plaques de cellulose polies sur les deux surfaces. Ces plaques peuvent avoir 1 demi-millimètre d'épaisseur. — Elles sont noircies au noir de fumée, comme les plaques de verre ; comme elles sont souples, elles peuvent s'appliquer sur un cylindre enregistreur. Les tracés obtenus sur les lames de cellulose peuvent être comme les tracés obtenus sur des plaques de verre, après fixation, projetées.

IV. Les surfaces enregistrantes peuvent être aussi recouvertes d'une couche de paraffine, de cire, etc., sur laquelle la pointe enregistrante laisse sa trace par grattage. — HANKEL (1866) a fait l'enregistrement des mouvements sur couche de paraffine placée dans une rigole qui faisait le tour d'un disque de cuivre.

V. VOLKMANN semble être le premier qui ait fixé les tracés en trempant la feuille de papier dans du vernis.

Le vernis est mis dans une cuvette de photographe, capable de contenir la largeur de la feuille tout entière, ou dans une gouttière spéciale de zinc.

On prend la feuille avec les tracés, sur laquelle on a écrit avec une pointe les indications nécessaires; on la tient par ses deux bords extrêmes, avec la face noircie en haut. On la plonge dans le vernis par la partie moyenne, puis, par des mouvements de latéralité, on baigne successivement les deux moitiés de la feuille. On la retire ensuite, on la fait égoutter, et on la suspend à un support à l'aide d'épingles, pour qu'elle sèche.

On remet le vernis dans le flacon pour s'en servir encore dans d'autres occasions.

MAREY recommande le dispositif suivant qui facilite la manipulation du vernis : on le met dans un flacon à deux tubulures, la tubulure inférieure communique avec la cuvette ou le fond de la gouttière par un tube en caoutchouc. Veut-on remplir la gouttière, on élève le flacon; le vernis s'écoule du flacon dans la gouttière. Au contraire, veut-on remettre le vernis dans le flacon, on élève la gouttière.

VI. Voici la composition du vernis qu'employait MAREY. On dissout à saturation de la gomme laque incolore dans de l'alcool à 36°; après l'addition d'une très petite proportion de térébenthine de Venise qui donne de la souplesse au vernis, on filtre la solution dans un linge, puis au papier.

LANGENDORFF donne la formule suivante : 10 parties de gomme laque sont dissoutes dans 100 parties d'alcool à 90°. Cette résine (la gomme laque) se dissout facilement à une température douce. On ajoute, comme le faisait MAREY, de la térébenthine de Venise, et l'on filtre.

On peut employer d'autres résines que la gomme laque, par exemple du mastic ou du colophonium.

BLEIBTREU (1892) donne la formule suivante : 4 à 8 grammes de celloidine dans 50 centimètres cubes d'alcool absolu et 50 centimètres cubes d'éther. Il est bon d'ajouter du collodion.

SMITH, et d'autres, fixent les plaques de verre noircies de fumée à l'aide du vernis photographique. Une partie dans 25 parties d'alcool méthylique.

On peut employer simplement du vernis blanc, qu'on trouve dans le commerce, étendu d'alcool à 90°, dont la quantité varie selon qu'on veut avoir des tracés sur papier souple, ou sur papier plus rigide.

Quand le tracé est fait sur une petite plaque (par exemple sur une plaque qui avait été fixée au diapason), on s'en sert comme d'une préparation microscopique, en la couvrant de baume du Canada (dissous dans du xylol) et d'une lamelle.

VII. Pour conserver les tracés pris sur le cylindre enfumé, HELMHOLTZ transportait le noir de fumée sur du papier. Pour cela, il prenait le petit cylindre de verre, le mettait entre les pointes d'une sorte de fourche et le faisait rouler sur une plaque couverte légèrement de colle de poisson. — La couche de noir de fumée reste adhérente à la plaque. Celle-ci est posée sur une feuille de papier humide à laquelle elle reste collée.

Toujours pour transporter le noir de fumée sur une feuille de papier, MAREY recommande le procédé suivant :

On recouvre la plaque de verre qui porte le tracé avec une couche de collodion élastique (50 parties de collodion pour 1 partie d'huile de ricin) auquel on peut ajouter 5 parties de térébenthine. — Quand le collodion est sec, on presse dessus une feuille de papier recouverte de colle (de menuisier), pendant quelques minutes. — En soulevant le papier, on voit que le noir de fumée avec le tracé renversé est resté collé au papier.

Si l'on ne veut pas avoir un tracé renversé, on presse sur la plaque de verre recouverte de collodion une feuille de papier de gélatine, recouverte aussi de collodion. Puis on colle sur une feuille de papier la lame de gélatine avec la partie directement sur le papier. Comme la gélatine est transparente, on voit le tracé exact.

FUNKE et HEIDENHAIN ont copié les tracés faits sur plaque de verre sur du papier sensible, comme on le fait pour les négatifs en photographie.

X

Analyse des tracés.

I. Tous les tracés obtenus à l'aide d'un levier enregistreur représentent le mouvement étudié un peu déformé. — Pour corriger l'erreur occasionnée par la marche du levier, il suffit de mesurer l'écart qu'il y a entre l'arc de cercle tracé par le levier sur la surface enregistrante immobile et la verticale. — Cet écart doit être mesuré à une hauteur égale à celle du point de la courbe qu'on veut rectifier. Cette distance est portée ensuite, soit à droite soit à gauche du point considéré, suivant que l'axe passe soit à droite soit à gauche de la verticale.

C'est ainsi que MAREY a procédé pour rectifier la courbe en trait plein de la fig. 110. La courbe en pointillé $0 a' b' x'' b'' a''$ représente la même courbe rectifiée. Celle-ci est la reproduction fidèle du mouvement qui avait été représenté d'une façon erronée par le premier tracé.

ROLLET a montré qu'on peut faire la correction d'une courbe à l'aide du calcul, au lieu de la faire, comme nous venons de le voir, à l'aide d'une construction géométrique.

Il n'est pas nécessaire de corriger tous les points d'une courbe; il suffit de faire la correction pour les points les plus importants.

Il ne faut jamais perdre de vue que les ordonnées des courbes tracées par des leviers ne sont pas rectilignes, mais curvilignes. Le rayon des courbes représentant les ordon-

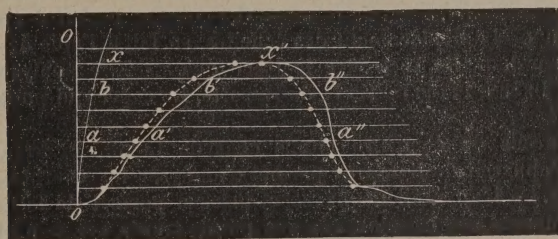


FIG. 110. — Rectification des courbes (MAREY).

nées est égal à la longueur du levier. En tenant compte de ce fait, les déformations des mouvements par le levier ont moins d'importance.

II. Voici quelques considérations sur les tracés en général :

1) Un tracé donne une idée précise de la marche, en fonction du temps, d'un mouvement quelconque. Une courbe ascendante indique que la fonction croît; une courbe descendante, qu'elle décroît.

Une ligne droite indique que le phénomène varie proportionnellement au temps. Une ligne courbe à convexité supérieure indique que la fonction croît moins vite que le temps; si la convexité est inférieure, cela veut dire que la fonction croît plus vite que le temps.

Si une courbe ascendante ou descendante tend à se rapprocher d'une ligne droite sans jamais l'atteindre, on appelle cette courbe une *asymptote*. Quand une courbe, après avoir été ascendante, commence à descendre, on dit qu'elle présente un maximum; si, après être descendue, elle remonte, on dit qu'elle présente un minimum. Une ligne parallèle à l'abscisse signale l'absence du mouvement.

2) Pour faciliter la mesure des divers éléments qui caractérisent une courbe, il faut tracer sous la courbe une droite horizontale.

Il est souvent difficile de déterminer le point où commence une courbe. La détermination de ce point est très embarrassante, surtout quand on a recueilli le tracé sur une

surface animée d'une très grande vitesse. Pour déterminer ce point, HERMANN traçait à égale distance, au-dessus et au-dessous du début de la courbe, deux abscisses, et il mesurait l'écart entre la ligne précédant la courbe et les deux abscisses. Le point où ces deux écarts ne sont plus égaux représente le début de la courbe.

3) Pour savoir quels points de l'axe des abscisses correspondent aux points importants de la courbe, LANDOIS a procédé de la façon suivante : il dessinait sur une feuille de papier un arc de cercle dont le rayon était égal à la longueur du levier ; ensuite il découpait cet arc, et il s'en servait comme d'une règle. En plaçant cette règle sur n'importe quel point de la courbe, parallèlement à l'arc qui passe par le point où la courbe commence, on a sur l'abscisse le point correspondant au point de la courbe. C'est ainsi qu'ont été déterminés les points a' , b' , c' correspondant aux points a , b , c (fig : 414).

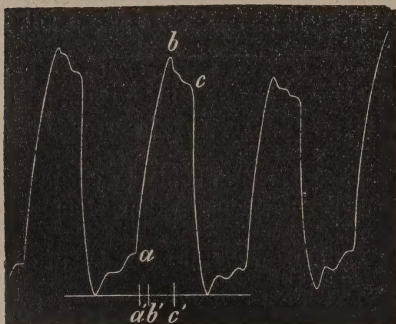


FIG. 111. — Analyse des courbes d'après LANDOIS.

III. Pour analyser une courbe, il faut mesurer les abscisses et les ordonnées de ses points marquants. Ces mesures se font à l'aide d'une échelle millimétrique. Pour les mesures de grande précision, on emploie des appareils spéciaux appelés : *analyseurs des courbes* (*Curvenanalysator*). Ces appareils se composent essentiellement de deux échelles millimétriques transparentes pouvant se déplacer perpendiculairement l'une à l'autre. L'une sert à la mesure des abscisses, l'autre à la mesure des ordonnées. La lecture des divisions des échelles se fait à l'aide d'un microscope ou d'une loupe. Le déplacement des échelles se fait à l'aide de vis micrométriques. La feuille sur laquelle se trouve le tracé qu'on désire analyser est placée sur une table, et bien fixée à l'aide de vis et de ressorts. Le cadre qui porte les échelles se place dessus.

Parmi les appareils de ce genre citons ceux de LUDWIG et STARCKE, de v. FREY, de JACQUET, etc. L'appareil de HALLSTEN permet d'analyser les courbes tracées sur des disques circulaires. — L'appareil de BRAUN et FISCHER permet de faire, à l'aide d'une seule échelle, la mesure des coordonnées des points tracés sur une plaque photographique à 0,001 de millimètre près. Le support de la plaque peut se déplacer et faire un angle de 90°.

IV. Quand on veut connaître la hauteur moyenne d'une courbe, on fait la somme des hauteurs de plusieurs ordonnées, et le chiffre obtenu est divisé par le nombre des ordonnées additionnées.

Quand il s'agit d'une courbe très compliquée, ce procédé étant trop long, il faut avoir recours à la mesure de la surface comprise entre l'axe des abscisses et la courbe.

Pour cela, on commence par abaisser de deux points de la courbe des perpendiculaires sur l'abscisse ; on mesure la surface comprise entre ces deux perpendiculaires, l'abscisse et la courbe ; ensuite, on élève sur l'abscisse un rectangle dont la surface est la même que celle mesurée directement ; la hauteur de ce rectangle représente la hauteur moyenne cherchée.

Quand la courbe est tracée sur un papier millimétrique, la mesure de la surface comprise entre la courbe et l'abscisse est très facile ; il suffit, en effet, de compter les petits carrés compris dans cette surface. On peut aussi mesurer la surface comprise entre la courbe et l'axe des abscisses, à l'aide du procédé de TH. YOUNG, que voici :

On coupe la surface qu'on désire mesurer, et on la pèse ; ensuite on découpe dans une feuille de papier d'égale épaisseur un carré qu'on pèse également. Soit p le poids de la surface irrégulière f qu'on veut connaître, et p' et f le poids et la surface du carré ; on a, d'après la relation qui relie ces quatre valeurs :

$$f = \frac{f' p}{p'}$$

Pour déterminer la hauteur moyenne d'une courbe (la courbe de la pression du sang), VOLKMANN a procédé de la façon suivante : il a tracé au-dessus de la courbe une droite parallèle à l'abscisse; on forme ainsi un rectangle qui a une hauteur H . On découpe ce rectangle et on le pèse; soit G son poids. Ensuite on découpe la courbe, et on pèse la surface comprise entre la courbe et l'abscisse; soit g son poids. La hauteur moyenne h de cette dernière surface se déduit de la relation suivante :

$$h : H = g : G,$$

d'où on déduit :

$$h = \frac{H \cdot g}{G}$$

V. Bien souvent l'analyse des courbes enregistrées conduit à des calculs très compliqués, si l'on veut exprimer les courbes par des équations. Comme exemples de calculs se rapportant à des courbes représentant des phénomènes physiologiques, citons les équations de la courbe de la contraction musculaire déterminée par JENDRASSIK (*Pogendorff's Annalen, Jubelband, 1874, p. 598*).

HERMANN, en poussant très loin l'étude mathématique des courbes relevées sur le phonographe, a créé à cette occasion une méthode simplifiée qui peut rendre de grands services aux physiiciens toutes les fois qu'ils auront besoin d'analyser une courbe résultant de la composition d'un grand nombre de courbes sinusoïdales.

Ces calculs, étant trop complexes, sortent du cadre de notre travail. Aussi n'en dirons-nous rien et renvoyons-nous ceux que cette question intéresse aux travaux de HERMANN, et à l'excellent résumé que WEISS en a donné.

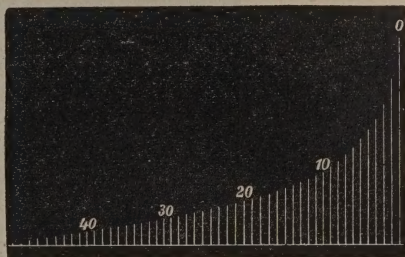


FIG. 112. — Série d'ordonnées représentant les hauteurs maxima des courbes enregistrées sur une surface se déplaçant lentement.

VI. Quand on veut déterminer les points synchrones de deux tracés, pris simultanément, on procède de différentes manières :

1) Pour déterminer les points synchrones de deux tracés dont l'un n'a pas subi la déformation de l'arc du cercle, on procède de la façon suivante : soit s (fig. 113) un point de la courbe non déformée d'un signal électrique; on veut savoir quel point de la courbe A correspond à ce point s . Pour cela on abaisse une perpendiculaire (sa) sur l'abscisse; par le point a ainsi déterminé on fait passer à l'aide du levier enregistreur un arc de cercle. Le point où cet arc coupe la courbe détermine le point qui correspond au point (s).

2) Quand on prend sur une même surface plusieurs tracés, on a soin de placer les leviers enregistreurs de telle sorte que leurs pointes inscrivantes soient exactement sur une même ligne verticale.

Quand on désire connaître les points synchrones de deux courbes obtenues de la sorte, on procède comme nous l'avons vu précédemment dans le cas où l'un des tracés n'a pas subi la déformation en arc de cercle. Quand les deux tracés ont subi la déformation de l'arc du cercle du levier, on procède de la façon suivante :

Soit k^1 et k^2 les deux courbes dont on désire déterminer les points synchrones, par exemple on veut savoir quel point de la courbe k^1 correspond au point m , maximum de la courbe k^2 . — On commence d'abord par déterminer, d'après le procédé de LANDOIS indiqué plus haut, le point a^2 de l'abscisse qui correspond au point m . De ce point a^2 on abaisse une perpendiculaire sur l'abscisse de la courbe k^1 ; on détermine aussi le point a^1 . Ensuite, on cherche le point de la courbe k^1 qui correspond à a^1 ; on trouve le point n . Ce point est donc celui qui correspond au point m de la courbe k^2 .

3) Quand les points inscrivants n'ont pas été disposés exactement sur une même verticale, voici comment on procède pour déterminer les points synchrones : on imprime à la fois aux deux leviers un mouvement; ce mouvement s'enregistre sur le cylindre

immobile sous forme d'arc de cercle qu'on appelle *repère*. En traçant des repères sur différents points des courbes, on voit facilement quels sont les points synchrones.

VII. L'étude des tracés est souvent facilitée si l'on a les moyens d'agrandir les tracés originaux. Pour cela il faut photographier les tracés. Les clichés obtenus peuvent servir à obtenir de très grandes projections.

En faisant l'enregistrement d'un mouvement sur une plaque de verre enfumée, on

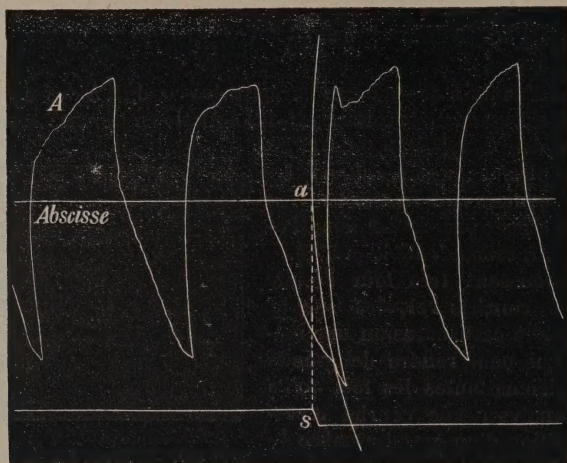


FIG. 113. — Détermination de deux points synchrones.

peut, grâce à des procédés spéciaux, obtenir la projection du tracé au moment même où il est obtenu.

III

AUTOGRAPHIE PROPREMENT DITE.

Un mouvement peut être enregistré directement sans l'intermédiaire d'une plume inscrivante, sur une surface animée d'un mouvement de translation. C'est ainsi qu'on peut enregistrer les mouvements des ailes d'un insecte. Il suffit d'approcher la pointe d'une aile d'un insecte, tenu à la main avec les doigts ou à l'aide d'une pince, d'une surface enduite de noir de fumée, pour que le frôlement de la pointe de l'aile agisse sur la surface enregistrante comme une plume.

Les variations de pression et les mouvements d'une colonne liquide peuvent aussi être enregistrés sans l'intermédiaire d'une plume enregistrante. Il suffit de recevoir le jet liquide sur une surface en mouvement. C'est ainsi que LANDOIS a obtenu des tracés *hémantographiques*. (La fig. 114 représente le tracé de jet de sang sorti de l'artère tibiale postérieure du chien.)

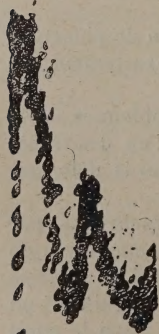


FIG. 114. — Tracé hémantographique de LANDOIS.

IV

GLYPHOGRAPHIE.

Certains mouvements, au lieu d'être enregistrés à l'aide d'une plume qui se déplace dans un plan *parallèle* à la surface enregistrante, peuvent être enregistrés à l'aide d'une pointe qui se déplace dans un plan *perpendiculaire* à la surface enregistrante. La surface enregistrante étant recouverte d'une couche de cire ou de paraffine, la pointe enre-

gistrante creuse un sillon dans cette couche. La profondeur du sillon varie avec l'amplitude des mouvements de la pointe. Ce mode d'enregistrement s'appelle *glyphique*. C'est lui qui est employé dans les phonographes. La fig. 115 représente une coupe schématique du cylindre du phonographe : la pointe (*s*) fixée à la membrane (*p*) creuse un sillon dans la couche (*m*) qui recouvre le cylindre (*cy*). Le sillon se présente en coupe sous la forme d'une courbe sinueuse. Pour faire l'étude de cette courbe on peut procéder de deux façons : 1° Placer dans le sillon une légère plume enregistreuse qui suivrait, quand le cylindre est en mouvement, toutes les inégalités de profondeur du sillon,

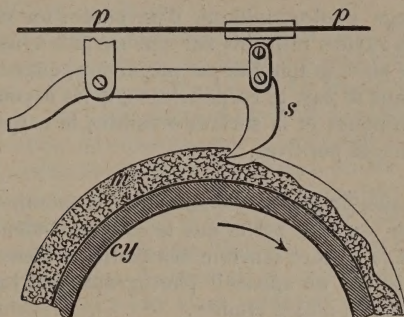


FIG. 115. — Schéma d'une coupe du phonographe d'EDISON (WITT).

et enregistrer sur un cylindre enduit de noir de fumée les mouvements de cette plume ; 2° En faisant des coupes de la couche de paraffine qui recouvre le cylindre et en les examinant au microscope.

V

ENREGISTREMENT OPTIQUE. — CHRONOPHOTOGRAPHIE.

Quand les mouvements qu'on veut étudier sont très faibles ou très étendus, il est difficile de les enregistrer à l'aide de la méthode chronostylographique. Dans ce cas il faut avoir recours à l'enregistrement optique.

Dans cette méthode d'enregistrement, entre le corps en mouvement et la surface enregistrante il n'y a qu'un seul intermédiaire : un faisceau de rayons lumineux. — Ce faisceau joue le rôle du levier enregistreur dans la chronostylographie, et il présente sur ce dernier l'avantage d'être dépourvu de masse.

I

Stroboscopie¹.

II

Photographie.

Les premières applications de la photographie à l'étude des mouvements sont naturellement récentes, puisque la photographie est elle-même une découverte contemporaine (1816) et que son emploi n'a guère commencé à se généraliser que depuis 1860 environ. Depuis, le rôle de la photographie dans la science est devenu très important.

1. Voir un livre qui paraîtra prochainement : *La Méthode graphique*, par MARIETTE POMPILIAN.

Une des premières applications de la photographie à l'étude des mouvements est celle d'ONIMUS et MARTIN (1860) qui eurent l'idée de photographier le cœur sur une plaque photographique. Le cœur en mouvement, comme tout corps qui présente des mouvements rythmiques, oscillatoires, laisse sur la plaque deux images particulièrement accusées de ses deux positions extrêmes, tandis que les images intermédiaires ne laissent pas de traces nettes. L'image photographique se présente donc avec un double contour; l'écart de ces deux contours est proportionnel à l'amplitude des oscillations du corps photographié.

1. Pour obtenir l'image photographique d'un corps, on commence par l'éclairer vivement, et on reçoit les rayons réfléchis sur une surface sensible, plaque ou papier.

On peut avoir l'image photographique par projection, quand ce n'est que le contour du corps qui intéresse. Dans ce cas, le corps intercepte les rayons lumineux, étant interposé entre la source lumineuse et la surface sensible; le corps se détache en noir sur un fond clair, dans les images positives.

2. Que ce soit par *réflexion* ou par *projection*, on peut obtenir une image photographique du corps plus grande ou plus petite que le corps lui-même, en interposant entre l'objet à photographier et la surface sensible des lentilles. L'ensemble de la plaque sensible et des lentilles constitue un appareil photographique. La forme de cet appareil varie avec le phénomène qu'on désire étudier.

3. Les plaques sensibles photographiques ne sont pas sensibles seulement aux rayons lumineux : elles le sont aussi à d'autres sortes de rayons, comme les rayons x par exemple. Dans ce cas, on n'a plus la photographie d'un corps, mais la *radiographie*. Les images radiographiques ne nous présentent plus seulement le contour et la forme du corps, mais sa structure intérieure, quand il s'agit d'un corps non homogène, dont les diverses parties constitutives présentent des opacités différentes aux rayons pénétrants qu'on étudie.

La radiographie nous permet de faire l'étude des mouvements des corps contenus dans une enveloppe opaque à la lumière. Les Américains ont appelé la radiographie *skiagraphie*.

4. Quand on désire obtenir la photographie de corps en mouvement, d'une scène animée, on emploie la *photographie instantanée* : c'est-à-dire, on expose une plaque très sensible pendant un temps extrêmement court.

On peut avoir la photographie instantanée d'un corps de deux façons : soit en éclairant très vivement un corps placé dans l'obscurité, pendant un temps extrêmement court, soit en démasquant l'objectif ou la surface sensible, pendant une durée extrêmement courte à l'aide d'un dispositif mécanique. Dans les deux cas, le corps doit être vivement éclairé afin que les rayons lumineux qu'il envoie soient suffisamment intenses pour impressionner la plaque.

5. En pratique, on nomme communément photographie instantanée une épreuve prise en un dixième ou un centième de seconde. Pour l'étude de la plupart des êtres animés, le millième ou le dix-millième sont suffisants d'ordinaire. Mais il y a des phénomènes qui exigent des expositions plus courtes. Par exemple, pour l'étude des projectiles en marche, il faut des durées d'exposition extrêmement courtes, car une balle de nos fusils actuels parcourt 600 mètres en une seconde et 6 centimètres en un dix-millième de seconde. Une telle durée d'exposition donnerait une simple ombre vague sur la plaque. Avec un millionième de seconde, l'image serait indistincte à l'avant et à l'arrière, et les phénomènes qui accompagnent le passage de la balle dans l'air perdraient toute délicatesse. Il faut donc diminuer la durée de l'exposition au delà de cette limite.

Aucun dispositif mécanique ne permet d'obtenir une durée d'exposition suffisamment courte; seule l'étincelle électrique permet de résoudre le problème. Mais même une étincelle peut être cent fois trop lente pour donner un bon résultat. L'étincelle doit être brillante en même temps que de très courte durée; la condition est donc que

le circuit dans lequel elle éclate ait une assez grande capacité, en même temps qu'une induction propre extrêmement petite; en un mot, il doit donc contenir un condensateur.

D'autre part, le seul moyen d'obtenir l'étincelle au moment voulu (par exemple au passage d'un projectile) est de faire fermer le circuit par la balle elle-même. Mais, si l'étincelle active éclate dans le cercle ainsi complété, elle est trop rapprochée, ou bien le circuit est trop long : surtout l'étincelle qui éclate près de la balle est si brillante que la plaque est forcément voilée. Il faut donc avoir recours à un artifice particulier.

Voici le dispositif employé par Boys :

Un grand condensateur C est en connexion avec un autre plus petit c ; les armatures extérieures sont en court-circuit, tandis que les autres sont réunies par un fil de coton trempé dans une solution de chlorure de calcium. Le grand condensateur peut se décharger par E , E' , tandis que le petit se ferme sur E' B . Lorsqu'une balle, passant en B , met les fils en communication, le condensateur c se décharge en produisant une petite étincelle en E' ; la résistance du circuit de C est subitement diminuée, et le grand condensateur devient capable de se décharger par E' et E . L'étincelle E' est cachée par un écran, tandis que l'autre étincelle projette l'ombre de la balle sur la plaque P . Durant la charge du système, les condensateurs C et c ont leurs armatures respectivement au même potentiel, l'équilibre se faisant par le morceau de fil; mais la décharge est de trop courte durée pour que ce mauvais conducteur y prenne aucune part, et la charge entière du condensateur C passe par E et E' . On sait d'autre part que, pour une longueur donnée, l'étincelle en E est plus brillante si le circuit contient une autre interruption que s'il est complet. Cet arrangement réunit donc tous les avantages. Pour que l'expérience réussisse, il est nécessaire que la différence de potentiel produisant l'étincelle soit comprise entre certaines limites; si elle est trop faible l'étincelle active n'éclate pas; si elle est trop forte, elle part sans être et la plaque est perdue.

LORD RAYLEIGH, dans ses expériences sur la rupture des bulles de savon, se servait d'un petit électroscope en dérivation sur le condensateur. Mais, lorsqu'on a une machine statique d'un débit régulier, il est beaucoup plus simple de compter les tours de roue, et d'arrêter la charge lorsqu'elle est près de suffire à la décharge spontanée. Dans certains cas, Boys a muni l'appareil d'une soupape électrique de sûreté; les deux boules sont reliées aux bornes du circuit électrique. Celle de droite porte une vis de réglage; en avançant plus ou moins la vis, on règle sa position de telle sorte que l'effluve suffise pour maintenir le potentiel au-dessous de la valeur dangereuse.

Le circuit de Boys peut être étudié, au point de vue de son efficacité, par un procédé indirect permettant de fixer d'avance les conditions dans lesquelles on peut obtenir de bons résultats. Il suffit pour cela de photographier l'étincelle active, étalée d'abord à l'aide d'un miroir tournant, faisant par exemple 512 tours par seconde. L'image de l'étincelle ainsi obtenue montre que la durée totale de l'étincelle est inférieure à un millionième de seconde. Une petite partie seulement, celle qui passe pendant le premier dixième de ce temps, est assez intense pour produire l'image du projectile; le reste est presque inactif. La durée efficace de l'étincelle est d'environ $1/25\ 000\ 000^{\text{e}}$ de seconde.

A l'aide de cette étincelle, Boys a photographié la projection de la balle sur une plaque sensible. Cette méthode de projection donne des images un peu agrandies. La grande simplicité d'appareil qu'elle exige permet d'attaquer des problèmes divers.

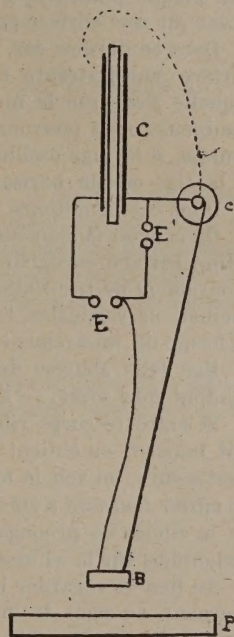


FIG. 116. — Dispositif de Boys pour obtenir des étincelles de très courte durée.

III

Diagramme photographique des oscillations.

Prenons un corps en mouvement, par exemple une tige vibrante, à l'extrémité de laquelle se trouve collé un petit miroir éclairé par les rayons solaires concentrés ou par une source lumineuse artificielle. Ce point lumineux se déplace avec la verge ; les rayons qui en partent présentent la même forme de mouvement oscillatoire. Regardons ce point lumineux ; l'œil percevra une ligne lumineuse. A cause de la persistance des images, l'œil ne peut pas voir le point lumineux dans ces diverses positions, mais la trajectoire reste comme un sillon lumineux sur la rétine qui se comporte comme une plaque photographique. Les rayons lumineux agissent sur la rétine à l'instar d'un levier sur une surface enregistrante noircie.

Dans ce dernier cas, nous savons que, pour analyser un mouvement, il faut que la surface enregistrante se déplace dans une direction perpendiculaire à celle dans laquelle s'effectue le mouvement à analyser. Pour analyser les mouvements du point lumineux, nous pouvons en faire de même : déplacer la tête dans une direction horizontale, si la tige oscille verticalement, ou dans la direction verticale, de haut en bas, si la tige oscille horizontalement.

Dans ces conditions, au lieu d'un trait lumineux, on verra une courbe.

On conçoit facilement que l'effet est le même si, au lieu de déplacer la tête (avec la rétine surface enregistrante), on déplace le corps vibrant même. En imprimant un mouvement de translation dans une direction horizontale à une verge qui effectue des oscillations verticales, l'œil immobile verra une courbe qui lui permettra de connaître la forme du mouvement.

Une telle analyse des mouvements est difficile ; il y a d'autres procédés qui la rendent plus aisée. — En voici un très simple :

Si entre le corps vibrant et l'œil restant immobile, l'on intercale un miroir qu'on fait tourner, on obtient le même résultat que celui qu'on obtenait en déplaçant la tête, c'est-à-dire, on voit la forme du mouvement effectué par le corps examiné. Ce procédé du *miroir tournant* a été inventé par WHEATSTONE qui s'en est servi pour la détermination de la vitesse de propagation d'un courant électrique. FOUCAULT s'en est servi dans ses recherches sur la vitesse de la lumière.

Au lieu de regarder les images lumineuses d'un corps en mouvement dans le miroir tournant, on peut les projeter sur un écran, à l'aide d'un miroir. Plus le miroir est éloigné de l'écran, plus le grossissement de l'image est grand. Quand on déplace le miroir pendant que la verge avec son point lumineux oscille, on voit, sur l'écran, se dessiner en gros traits la courbe d'oscillation.

Pour rendre visible un mouvement à un nombreux auditoire, on peut employer ce procédé grossier :

Un diapason de LISSAJOUS (diapason avec un point lumineux) est tenu à la main de telle façon que le faisceau du rayon se réfléchisse sur le plafond ou sur une paroi. En déplaçant le diapason pendant qu'il oscille, on voit, sur le plafond ou la paroi, la courbe des oscillations sans qu'il soit nécessaire de faire l'obscurité de la chambre.

Si, au lieu de projeter l'image du miroir sur un écran, on la projette sur une feuille sensible en mouvement, on obtient l'image photographique du mouvement étudié.

§ I. — Enregistrement des oscillations à l'aide du miroir.

L'emploi des rayons lumineux en physique, pour la mesure des petits déplacements, est très ancien. La méthode de POGGENDORFF est basée sur le théorème d'optique suivant :

« Quand un miroir, sur lequel tombe un rayon incident fixe, tourne d'un angle Θ , le rayon réfléchi tourne d'un angle 2Θ ».

Voici comment on procède d'après cette méthode :

Un petit miroir (M), généralement concave, est fixé avec de la cire sur le fil qui soutient la partie mobile dont on veut mesurer le déplacement angulaire (soit par exemple une aiguille aimantée). A une distance égale au rayon du miroir, on installe en avant une flamme (F) qui éclaire une fente à réticule (F); au-dessous de la fente il y a une règle horizontale (RR') perpendiculaire à la droite (FM) qui unit le miroir à la flamme. Dans ces conditions on voit sur la règle une image réelle de fil, qui se projette sur les divisions. On note la division n à laquelle correspond la position d'équilibre de l'aiguille. Si l'aiguille tourne d'un angle inconnu θ , l'image s'arrête sur une division n' . Si la règle est divisée en centimètres et que d représente, en centimètres, la distance de la règle au miroir, nous aurons, en nous basant sur ce fait que le quotient des deux côtés, d'un triangle rectangle représente la tangente trigonométrique de l'angle que fait l'hypoténuse avec l'un des côtés, la relation suivante :

$$\text{Tang. } 2\theta = \frac{n' - n}{d}$$

Si l'angle est assez petit, on peut confondre la tangente avec l'arc, et alors on a :

$$\theta = \frac{n' - n}{2d}$$

Connaissant la déviation du spot lumineux sur la règle, et la distance qui sépare la règle du miroir mobile, on peut donc calculer le déplacement réel du corps, de même que, quand on emploie un levier enregistreur, la connaissance du déplacement de l'extrémité inscrivante du levier, de la longueur du levier et du point d'attache du corps dont on étudie le mouvement, nous donne la possibilité de calculer le déplacement réel du corps.

1. En général, lorsqu'on veut étudier les oscillations d'un corps à l'aide de la photographie, on colle sur le corps oscillant un petit miroir, qu'on éclaire vivement, à l'aide

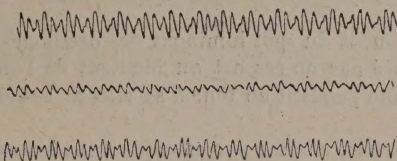


FIG. 117. — Courbes phonophotographiques (HERMANN).

d'un faisceau lumineux et on en reçoit l'image réfléchie sur une surface sensible en mouvement. C'est ainsi qu'ont procédé CZERMAK, STEIN, BERNSTEIN, etc.

La figure 117 donne, d'après HERMANN, les courbes phonophotographiques des voyelles A, U et O. Elles ont été obtenues de la façon suivante :

Sur une plaque ou une membrane vibrante se trouve fixé un miroir extrêmement petit qui oscille, pendant les vibrations de la membrane, autour de son axe vertical. Sur ce miroir, une lentille placée tout près projette l'image d'une fente verticale fortement éclairée par une lampe électrique. L'image de cette fente, réfléchie par le miroir, traverse la lentille et arrive sur la fente horizontale d'un écran noir. Derrière cette fente, et tout près d'elle se trouve un cylindre enregistreur de BALTZAR recouvert d'une feuille de papier sensible. Par un choix convenable de la largeur de la fente, HERMANN est arrivé à obtenir des tracés admirables de finesse.

Pour avoir l'indication du temps au-dessous du photogramme du mouvement étudié, on peut photographier, pour les mêmes procédés, l'image d'un petit miroir collé à la branche d'un diapason.

Pour avoir sur un seul tracé la courbe du phénomène étudié et l'indication du temps, on éclaire le miroir par un faisceau de lumière intermittent, par exemple pour les étincelles d'une bobine de RUHKORFF dont l'interrupteur serait un diapason. Dans ce cas

les photogrammes se présentent sous forme de traits discontinus. C'est ainsi qu'a procédé GÉRARD (1890) pour étudier les mouvements de l'aiguille d'un galvanomètre.

2. Pour faire l'enregistrement du miroir des galvanomètres et des oscillographes, on emploie généralement un cylindre enregistreur ordinaire, recouvert d'un papier sen-

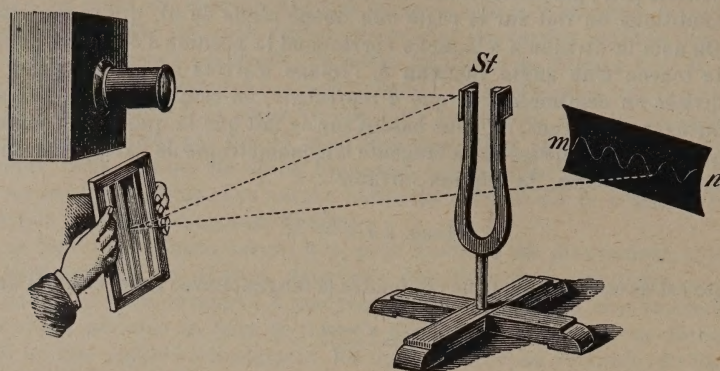


FIG. 118. — Projection des vibrations d'un diapason à l'aide d'un miroir (TYNDALL).

sible, et enfermé dans une chambre noire. Le spot lumineux se déplace suivant la génératrice du cylindre.

HOTCHKISS, MILLIS et MAC-KITTRICK ont employé en 1895 un dispositif déjà employé par NICHOLS, et qui consiste à faire tomber devant le spot une plaque photographique glissant dans un châssis à glissière analogue à une guillotine. La vitesse initiale est produite par une certaine hauteur de chute préalable, ou par un ressort. Pendant le passage devant le spot, la vitesse est rendue sensiblement constante par la résistance de l'air dans la coulisse fermée, munie d'orifices d'échappement dont on peut modifier à volonté l'ouverture.

Pour faire l'enregistrement du spot lumineux des oscillographes, on a employé aussi un cylindre tournant lancé par un ressort au moment de l'ouverture d'un obturateur instantané, puis abandonné pendant un tour à sa vitesse acquise.

3. Dans certains appareils, comme par exemple dans les oscillographes, il est quel-

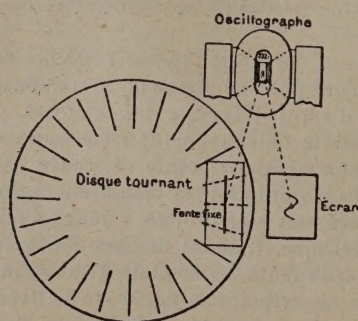


FIG. 119. — Schéma de la méthode de composition optique permettant d'étaler les courbes sur un écran (BLONDEL).

quefois nécessaire d'avoir non seulement l'enregistrement photographique d'un miroir, mais aussi la vision directe de la courbe de ces mouvements.

Voici quelques dispositifs employés à cet effet.

Le plus ancien est celui du miroir tournant. Dans ce dispositif, on projette sur

l'écran d'observation les rayons venant du galvanomètre, à l'aide d'un miroir plan tournant à une vitesse uniforme autour d'un axe de rotation compris dans le plan de déviation. Le mouvement du miroir est entretenu par un mécanisme d'horlogerie ou par un moteur électrique. Quand le moteur est synchrone et alimenté à la même source que le courant qu'on veut étudier à l'aide de l'oscillographe, les images projetées à chaque tour du miroir se superposent.

FRÖLICH (1887) a employé un miroir cylindrique polygonal ayant un nombre de faces réfléchissantes égal à celui des champs du moteur synchrone ou à un sous-multiple, de sorte que les images successives obtenues sur l'écran se superposent.

ABRAHAM (1896) a remplacé la rotation du miroir par une oscillation produite par une came qui lui donne un mouvement d'aller lent proportionnel au temps, suivi d'un brusque retour aidé par un ressort. Le mouvement de la came est entretenu soit par un pendule soit, de préférence, par un moteur synchrone. — Le *miroir oscillant* donne la vision continue plus simplement que le miroir tournant polygonal et sans la cause d'erreur, assez importante et croissante avec l'angle d'incidence, qui résulte pour ce dernier de l'écartement existant entre l'axe de rotation et le plan des miroirs.

Le *synchronoscope à miroir oscillant* de BLONDEL (1897) présente l'avantage d'éviter la perte de lumière due à la réflexion. Dans ce dispositif optique on donne au point éclairant lui-même un déplacement vertical uniforme. Pour cela, on fait tourner devant une fente verticale éclairée par un projecteur (dont le foyer conjugué est sur l'oscillographe) soit un filament vertical de lampe à incandescence, soit un disque percé de fentes radiales, rectilignes si l'angle de déplacement est très faible, ou en forme de développante, si cet angle dépasse 18° . — Ce disque est entraîné par un moteur synchrone aux courants alternatifs étudiés. Les effets dus à chaque fente se superposant, on a la vision continue.

Pour la photographie des courbes de l'oscillographe on remplace l'écran par une plaque sensible avec obturateur instantané.

4. Dans certains appareils très délicats, comme par exemple dans les oscillographes, il est indispensable d'une part de réduire les dimensions du miroir le plus possible, et d'autre part il faut que l'éclairement du spot soit suffisamment grand pour avoir une image photographique rapide. — Ces deux choses sont difficiles à concilier, étant donnée la formule de l'éclairement du spot qui est la suivante :

$$e = \frac{(1-a)s}{l^2} i \beta$$

en appelant a le coefficient d'absorption totale des rayons dans leur trajet à travers le projecteur et l'oscillographe ; s la surface éclairée du miroir ; l la distance de celui-ci au spot ; i l'éclat de l'arc ; β le coefficient de diffusion du verre dépoli.

BOYS a eu l'ingénieuse idée, pour diminuer la surface du miroir de l'oscillographe, de concentrer verticalement les rayons qui en proviennent par une lentille cylindrique

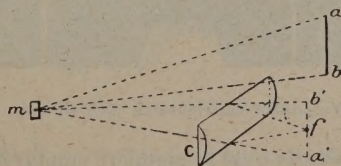


FIG. 120. — Dispositif de Boys pour la concentration des rayons (BLONDEL).

à axe horizontal (C) (fig. 120), qui permet leur libre déviation dans le sens horizontal. La source de lumière est une fente verticale éclairée par le projecteur, dont les miroirs plans des oscillographes, précédés d'une lentille plan convexe sphérique, donnent des images conjuguées. La lentille (C) réduit chacune de ces droites lumineuses à un point rectangulaire ayant pour hauteur celle du miroir correspondant, réduite dans le rap-

port des distances $\left(\frac{Cf}{Cm}\right)$. L'éclairement de l'image se trouve accru en raison inverse de sa hauteur, de sorte qu'en appelant l et l' les distances du point image respectivement au miroir de l'oscillographe et à l'axe optique de la lentille cylindrique, H la hauteur de la fente, a la hauteur et b la largeur du miroir, l'expression précédente de e est remplacée par

$$e = \frac{(1-a)(1-a')bHi}{l'l'} \times \beta$$

a' étant le coefficient d'absorption de la lentille cylindrique.

On conçoit facilement combien est précieux ce procédé qui permet d'augmenter l'éclat, non par la dimension du miroir mobile, mais par celle d'une simple fente fixe; il résout complètement la question de l'éclairement des oscillographes, quelque petite que soit leur partie vibrante.

En outre, il suffit que les miroirs (M_1, M_2, M_3) de plusieurs oscillographes soient placés sur une même horizontale pour que leurs images, fournies par la lentille (C) à génératrices horizontales, soient également toutes sur une même horizontale, alors même que ces miroirs ne seraient pas verticaux.

Cette méthode de Boys permet à volonté l'enregistrement sur glace tombante ou tambour tournant, ou l'emploi des miroirs tournants ou oscillants.

§ II. — Enregistrement des oscillations d'une colonne liquide.

1. Quand on veut photographier les mouvements d'une colonne de mercure, on peut procéder de deux façons différentes : 1° On peut placer le tube à mercure sur un fond noir, l'éclairer vivement et recevoir l'image réfléchie sur une plaque sensible qui se

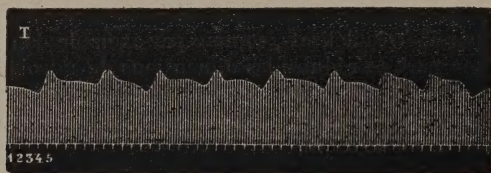


FIG. 121. — Variations électriques du cœur de la tortue (MAREY).

déplace devant un écran à fente; 2° On peut faire agir la lumière, par transparence, sur un tube à mercure placé devant la fente d'un écran qui protège la surface sensible. — Dans ce dernier cas, la surface sensible se trouvant à l'abri de la lumière dans les endroits cachés par la colonne mercurielle, le photogramme se détache en blanc sur



FIG. 122. — Variations électriques du cœur du chien (FREDERICQ).

fond noir. Cette dernière méthode a été la première employée à l'Observatoire de Greenwich pour l'enregistrement des oscillations de la colonne des thermomètres à mercure.

Dans certains cas, il est nécessaire d'agrandir l'image de la colonne mercurielle, à l'aide d'un objectif microscopique, avant de le projeter sur la surface sensible.

C'est MAREY qui le premier a photographié les mouvements d'un électromètre capillaire; après lui nous pouvons citer : BURDON-SANDERSON, FREDERICQ, FANO, etc.

2. Pour photographier les mouvements d'une colonne d'eau, on procède de même que pour la colonne mercurielle, c'est-à-dire on la photographie par transparence. —

Quand l'eau est colorée en rouge, la colonne d'eau ne laisse pas passer les rayons actifs ; quand elle est pure elle se laisse traverser par la lumière, et on n'obtient sur la surface sensible que l'image du ménisque. — Il est souvent nécessaire de réduire l'image de la colonne d'eau avant de la photographier ; pour cela on interpose entre la colonne d'eau et l'écran à fente de la surface sensible une lentille appropriée.

3. ELLIS (1886) a imaginé un piston-recorder à liquide et à enregistrement photographique pour l'étude des mouvements au moyen de la transmission à air. Un petit tube de verre, mis en communication par un tube avec un appareil explorateur, est rempli de liquide et placé horizontalement dans une fente faite dans la paroi d'une chambre obscure. Derrière le tube se trouve disposé un système d'éclairage. L'image du tube est concentrée, au moyen d'un système de lentilles, sur un diaphragme présentant une étroite fente horizontale derrière laquelle se déplace une feuille de papier sensible. — Les petits mouvements du piston liquide sont amplifiés par les lentilles. — La nature du liquide qui forme le piston varie avec la largeur du tube ; on met de l'éther dans les tubes étroits, de l'eau ou de l'alcool dans les tubes larges.

§ III. — Enregistrement des oscillations d'une aiguille.

Pour photographier les mouvements d'une aiguille, RAPS (1894) a employé le procédé suivant :

Dans une boîte, près de la fente d'un écran, on place l'aiguille dont on veut étudier les mouvements. Derrière l'écran à fente se trouve un cylindre enregistreur recouvert de papier sensible. Une lampe électrique projette sa lumière sur l'index et sur la fente ; de cette façon, le papier étant protégé aux endroits occupés par l'aiguille, on obtient, en blanc, la silhouette des positions occupées par l'aiguille à différents moments. — En même temps, on obtient aussi l'image des fils tendus verticalement devant la fente et des lignes et chiffres tracés sur un disque transparent qui tourne devant la fente. Ce disque est mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie (le même que celui qui commande le mouvement du cylindre). — On obtient de cette façon sur les photographies l'indication du temps. Grâce à un dispositif spécial, la feuille de papier qui recouvre le cylindre enregistreur peut être changée en plein jour.

§ IV. — Flammes manométriques.

1. Les oscillations d'une masse gazeuse peuvent être rendues visibles, sous forme d'oscillation d'une flamme, de la façon suivante :

On prend une petite capsule (fig. 123) divisée en deux par une membrane de caout-

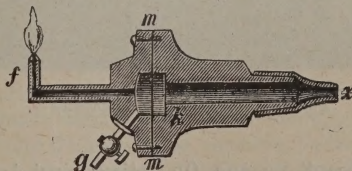


FIG. 123. — Capsule de KœNIG.

chouc, où bien par une feuille de papier ou d'or (m, m), et on fait agir sur la face postérieure (K) de cette membrane la masse gazeuse dont on veut étudier les mouvements. Dans la moitié antérieure de la capsule, on fait passer un courant de gaz d'éclairage. Le gaz entre par le tube g et sort par le tube f , à l'extrémité duquel il brûle. Tant que la membrane est au repos, la flamme n'oscille pas ; quand la membrane, à la suite des oscillations qui lui sont imprimées par la masse gazeuse avec laquelle elle est en contact, commence à vibrer, la flamme présente des oscillations synchrones avec les vibrations de la membrane.

La figure 124 représente le dispositif classique adopté par KœNIG pour l'étude des

vibrations sonores. En parlant dans l'entonnoir *t*, les vibrations sonores arrivent par l'intermédiaire d'un tube dans la capsule manométrique *K*. — L'observation des mouvements de la flamme *f* est faite à l'aide du miroir tournant *sp*. En regardant l'image de

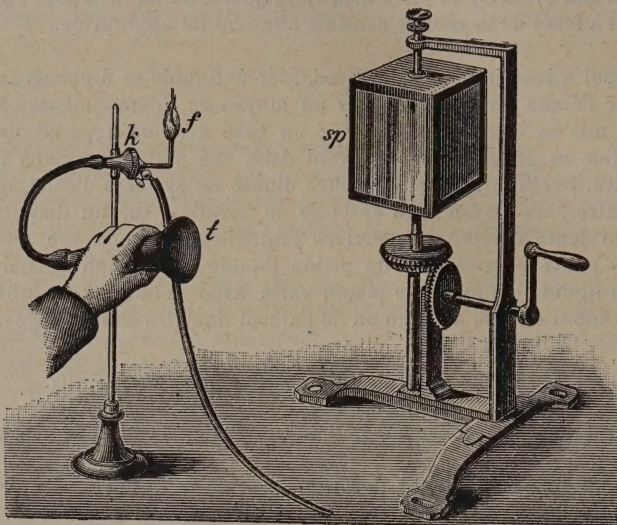


FIG. 124. — Flamme manométrique et miroir tournant (KÖNIG).

la flamme dans ce miroir, qu'on tourne à l'aide d'une manivelle, on voit, quand la flamme est immobile, une bande lumineuse, et, quand la flamme oscille, une ligne dentée.

2. Quand on veut photographier les flammes manométriques, on n'emploie pas le gaz d'éclairage ordinaire, mais le cyanogène ou un mélange d'acétylène et d'hydrogène

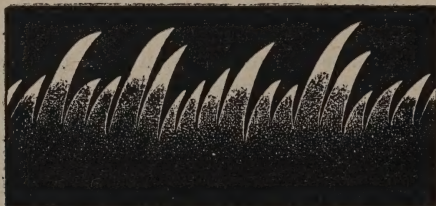


FIG. 125. — Courbes de la voyelle A.

brûlant dans une atmosphère d'oxygène. On obtient ainsi des flammes très lumineuses qui donnent de belles images sur la surface sensible.

L'image de la flamme est projetée au moyen d'un objectif photographique sur la surface sensible. — Si l'on laissait agir toute l'image de la flamme, on obtiendrait un photogramme très grossier, une sorte de ligne épaisse, comme tracée par un pinceau. Pour obtenir de belles images, on place devant la surface sensible un écran qui présente une mince fente.

Le déplacement de la surface sensible, qui est une feuille de papier enroulée sur un cylindre ou bien une longue pellicule photographique, se fait horizontalement, dans une direction perpendiculaire à la direction des oscillations de la flamme.

Avant de tomber sur la surface sensible, l'image de la flamme peut être étalée par un miroir tournant.

La figure 126 représente un photogramme obtenu par v. KRIES (courbe de la vitesse du sang). La courbe inférieure de cette figure représente le photogramme chronographique; il correspond aux oscillations d'une flamme animée d'oscillations synchrones avec celles d'un diapason.

Pour avoir l'indication du temps, on peut aussi procéder autrement. Par exemple,

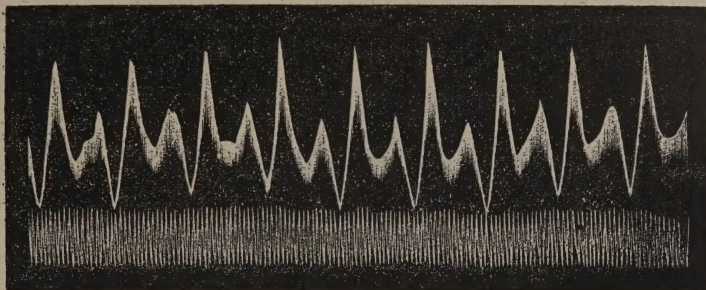


FIG. 126. — Courbes de la vitesse du sang et tracé chronographique (V. KRIES).

en faisant qu'un diapason ou un chronomètre quelconque agisse sur une lame qui obturerait périodiquement la fente de l'écran sur laquelle tombe l'image de la flamme. Dans ce cas, le photogramme serait représenté par un trait discontinu. — On pourrait aussi faire une fente au-dessus de la fente principale de l'écran, l'éclairer vivement, et, par un dispositif chronométrique quelconque, l'obturer périodiquement.

§ V. — Appareils enregistreurs.

Dans les paragraphes précédents nous avons décrit quelques procédés spéciaux d'enregistrement photographique. Nous dirons maintenant quelques mots des surfaces sur lesquelles se fait l'enregistrement.

Les surfaces enregistrentes qui servent à la chronostylographie peuvent servir aussi à l'enregistrement photographique, si on les recouvre d'une feuille de papier sensible et si on les place dans une chambre noire.

La maison RICHARD construit des cylindres très commodes pour l'enregistrement photographique. Le cylindre à feuille de papier sensible tourne dans l'intérieur d'un cylindre fixe possédant une fente longitudinale munie d'un volet obturateur. Ce cylindre peut être mis dans une position horizontale ou verticale, et peut être déplacé de haut en bas sur un support (Fig. 127).

1. Pour étudier à l'aide d'enregistrement photographique des changements très lents, HERMANN (1896) a imaginé un dispositif spécial qui permet d'avoir une image tous les quarts d'heure, toutes les demi-heures ou toutes les heures.

Dans ce dispositif, l'aiguille des minutes d'une horloge établit deux contacts électriques : l'un pour l'exposition d'une surface sensible, l'autre pour le glissement de la surface sensible entre deux expositions. Le contact d'exposition ferme le courant d'un petit électro-aimant qui agit sur une mince plaque d'aluminium placée dans la chambre obscure derrière l'objectif. — Le cylindre enregistreur, qui est recouvert d'une surface sensible longue de 1^m,50, est formé par un cylindre de bois ayant à sa base une roue avec 360 dents. Deux crochets s'engrenant avec la roue l'empêchent de se mouvoir. Sur ces crochets d'arrêt agit un électro-aimant. A chaque contact établi par l'aiguille de l'horloge, l'électro-aimant devient actif, et, la ligne d'arrêt se déplaçant, le cylindre avance d'une dent. Le courant commun pour les deux électro-aimants provient de 3 accumulateurs. L'appareil peut fonctionner nuit et jour.

2. Le *pendule photochronographe* de MOROKHOWETZ se compose d'une tige de pendule sur laquelle on fixe à différentes hauteurs une plaque photographique. L'appareil est

enfermé dans une boîte dont la face antérieure est pourvue d'une fente. Un objectif et un soufflet peuvent être fixés en face de cette fente.

3. SAMOJLOFF, pour photographier les déplacements du ménisque de l'électromètre capillaire, a employé une plaque mise en mouvement par un ressort.

4. MOROKHOWETZ a fait construire dans son laboratoire une chambre noire de très grandes dimensions, véritable salle obscure dans laquelle l'observateur lui-même peut pénétrer pour placer des cylindres enregistreurs, des pendules chronographes, etc. Les dispositifs expérimentaux sont situés à l'intérieur de cette chambre. Les faisceaux de

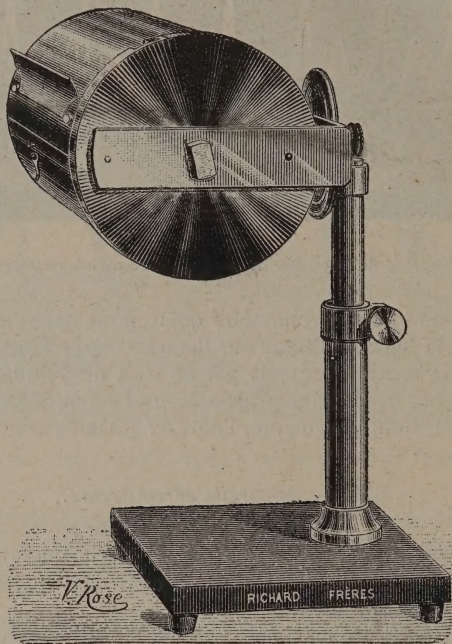


FIG. 127. — Enregistreur photographique RICHARD.

lumière impressionnant les surfaces sensibles pénètrent dans la chambre noire par des ouvertures convenablement placées. De cette façon, on évite la construction des chambres noires spéciales pour chaque genre d'expériences.

5. Le papier qu'on emploie pour obtenir des photogrammes est préparé au bromure d'argent. HERMANN augmente la sensibilité du papier par des bains d'ammoniaque.

La surface recouverte de papier sensible est enfermée dans une boîte.

La lumière qui éclaire l'objet dont on désire photographier les mouvements doit être intense, uniforme et d'une forte activité chimique. Les éclairages avec la lumière solaire, directe ou réfléchie par un héliostat, avec l'arc électrique, avec la lumière au magnésium ou au calcium, sont excellents. — Si l'on veut employer un éclairage au gaz, il faut le mélanger avec des vapeurs de naphthaline ou de benzine pour en augmenter l'intensité.

Plus l'éclairage est intense, plus la vitesse de la surface enregistrante peut être rapide, et la fente qui livre passage aux rayons lumineux étroite; par conséquent, les photogrammes obtenus sont d'autant plus beaux que l'éclairage est plus intense.

IV

Chronophotographie.

On donne le nom de chronophotographie à une méthode qui analyse les mouvements au moyen d'une série d'images photographiques instantanées, recueillies à des intervalles de temps très courts et équidistants.

Cette méthode, qui peut être considérée presque entièrement comme la création de MAREY, avait été désignée par lui, au début, sous le nom de *photochronographie*. Le nom de chronophotographie lui a été donné par le Congrès photographique de 1889.

Cette méthode trouve sa principale application dans l'étude des grands mouvements de translation. C'est MUYBRIDGE (1882) qui le premier l'a mise en œuvre. Pour avoir une série d'images représentant les différentes phases d'un mouvement, il a employé une série d'appareils photographiques. Voici la description de son dispositif :

MUYBRIDGE (WILLMANN : « *The horse in motion* », London, Turner and Co, 1882, livre publié sous les auspices de STANFORD, ancien gouverneur de la Californie, qui a eu l'idée première, et qui a confié ce travail à MUYBRIDGE) a étudié les mouvements des animaux en les faisant passer sur une piste tracée devant un plan incliné, formant écran et orienté de façon à réfléchir la lumière solaire pour augmenter, par contraste lumineux, l'intensité des silhouettes à reproduire.

En face de cet écran se trouvait une série d'appareils photographiques chargés de plaques sensibles, et placés de façon à viser ensemble tous les points de la piste et de l'écran. En travers de la piste des fils électriques tendus commandaient les électro-aimants qui maintenaient fermés les obturateurs des appareils ; de telle sorte qu'en parcourant cette piste à une allure quelconque l'animal rompait successivement les fils tendus, et déterminait lui-même, automatiquement, l'ouverture instantanée des objectifs. De nombreuses divisions équidistantes ($0^m,58$), tracées sur le plan incliné, se trouvaient naturellement reproduites avec les silhouettes dans les clichés et servaient à mesurer les déplacements des membres de l'ensemble des animaux observés.

Au début de ses essais, MUYBRIDGE n'obtenait que des silhouettes peu nettes, parce qu'il n'employait que des plaques au collodion humide. Plus récemment les plaques extra-rapides au gélatino-bromure d'argent lui ont donné des résultats très supérieurs, et tout à fait remarquables.

Le temps de pose pour chaque image était de $1/500$ de seconde. Les images n'étaient pas prises à des intervalles de temps rigoureusement égaux, la vitesse du cheval n'étant pas uniforme, MUYBRIDGE a essayé de corriger ce défaut en déclanchant les objectifs par un mécanisme indépendant, mais il n'a pas réussi d'une façon satisfaisante.

MUYBRIDGE a appliqué cette méthode aussi à l'analyse de l'aviation.

OTTMAR ANSCHÜTZ (de Lissa) a fait une très belle étude des mouvements de l'homme et des animaux par la méthode de MUYBRIDGE.

Le procédé de MUYBRIDGE n'était nullement pratique. Les dispositifs de MAREY sont au contraire très commodes ; c'est grâce à eux que la chronophotographie a pu entrer dans la pratique courante des recherches sur la locomotion.

Les images photographiques peuvent être obtenues sur une plaque fixe ou sur une pellicule mobile.

§ I. — Chronophotographie sur plaque fixe.

Si l'on vise avec un appareil photographique convenablement orienté, c'est-à-dire en tournant le dos au soleil, un champ complètement obscur, même après une pose d'une certaine durée, la plaque sensible, n'ayant reçu aucune impression lumineuse, ne porte aucune image. Si l'on lance, devant ce champ obscur, un objet brillant au soleil, une boule de métal poli, par exemple, l'image de cette boule sera reproduite sur la plaque sous la forme d'un trait courbe blanc, représentant la trajectoire de la boule, puisque la boule aura impressionné, en passant, d'une façon continue tous les points de

la plaque sur lesquels l'objectif aura renvoyé les rayons lumineux réfléchis par elle.

Si, au lieu de laisser l'objectif ouvert pendant toute la durée du passage de la boule devant le champ obscur, on le ferme et on l'ouvre successivement, au lieu d'un trait blanc continu sur la plaque, on aura des points blancs correspondant à chaque ouverture de l'objectif. L'ensemble des points représente la trajectoire de la boule. La série des points de cette trajectoire fournira des renseignements complets sur la marche dans l'espace du mobile observé, si les obturations de l'objectif ont été faites à des intervalles de temps rigoureusement égaux et si ces intervalles, d'une durée connue, ont été assez courts pour que, sans se confondre, les images soient pourtant aussi rapprochées que possible sur la plaque sensible.

L'exemple que nous venons de citer nous montre que, pour obtenir sur plaque fixe la *chronophotographie* d'un corps quelconque animé d'un mouvement de translation, il faut :

1^o Employer un dispositif tel que l'image seule du corps en mouvement soit reproduite sur la plaque sensible;

2^o Réaliser des obturations successives de l'objectif, obturations se succédant à des intervalles égaux d'une grande brièveté.

I. *Champ obscur*.— Quand il s'agit de photographier les mouvements de translation d'un objet clair ou brillant, il faut que derrière le mobile le fond soit obscur. Au contraire, quand le mobile est de couleur sombre, il faut que le fond soit blanc.

Un simple rideau noir, tendu devant le champ de l'objectif, ne suffit généralement pas pour constituer le *champ obscur* sur lequel doit se détacher le mobile blanc ou brillant. Aucune substance n'est absolument noire. CHEVREUL a montré que le noir ou l'obscurité absolue ne pouvait s'obtenir qu'au moyen d'une cavité tapissée de noir et sur les parois de laquelle la lumière ne vient pas frapper. Pour obtenir le champ obscur, MAREY a installé au Parc des Princes, à la *Station Physiologique*, une sorte de grand trou noir, orienté de telle façon que les rayons du soleil ne peuvent y pénétrer. Devant ce champ obscur se trouve une piste de pavés de bois noircis sur laquelle s'avance en pleine lumière le sujet soumis à l'observation chronophotographique.

II. *Appareils chronophotographiques de MAREY*. — 1. L'appareil pour la chronophotographie sur plaque fixe (1882) se compose, ainsi que les appareils photographiques

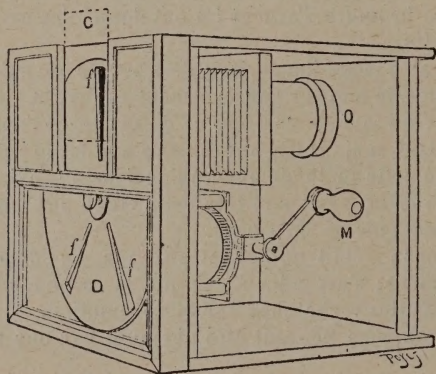


FIG. 128. — Appareil chronophotographique de MAREY.

ordinaires, d'un objectif et d'une chambre noire à soufflet renfermée dans le haut d'une boîte dont la partie inférieure est occupée par un mécanisme de transmission de mouvement agissant au moyen d'engrenages. Ce mécanisme a pour but de mettre en rotation rapide, par une manivelle, un large disque jouant à la fois le rôle de volant et d'obturateur. Quand, après plusieurs tours, ce disque fortement lancé à la main par l'intermédiaire de la manivelle, a acquis une grande vitesse, réglée par un régulateur, la marche du disque reste uniforme pendant toute la durée, d'ailleurs fort courte, de

l'opération photographique proprement dite. Le disque présente des fentes ou fenêtres, percées à égale distance les unes des autres. A l'arrière de l'appareil, tout contre le disque, on place le châssis négatif contenant la plaque sensible. Le disque constitue un système d'obturations et d'éclairements successifs d'autant plus rapides qu'il y aura sur le disque un plus grand nombre de fenêtres, et que la vitesse de rotation du disque sera plus grande.

La plaque sensible reçoit à chaque passage d'une des fenêtres du disque une nouvelle image représentant le mobile visé dans la position qu'il occupe au moment du passage de cette fenêtre. Comme entre le passage de deux fenêtres le mobile s'est déplacé, on obtiendra sur la plaque une série d'images.

L'intervalle entre la prise de deux images était primitivement de $1/10^e$ de seconde, et la durée d'un éclaircissement était de $1/500$ de seconde.

En perfectionnant l'appareil chronophotographique, MAREY a obtenu des images bien plus fréquentes avec des durées d'éclaircissement très petites.

2. MAREY a construit un appareil qui réunit toutes les conditions pour la chronophotographie sur plaque fixe et sur pellicule mobile. Nous le considérons dans ce paragraphe seulement au point de vue de la chronophotographie sur plaque fixe.

L'appareil complet se compose de deux parties : un avant-corps portant l'objectif et un arrière-corps relié au premier par le soufflet de la chambre noire. L'arrière-corps renferme soit simplement le châssis pour la chronophotographie sur plaque fixe, soit, en outre, au besoin, le mécanisme spécial nécessaire pour le déroulement des pellicules sensibles dans les applications de chronophotographie sur pellicule mobile.

Pour la mise au point, l'arrière-corps avance ou recule sur des rainures ou rails au moyen d'une crémaillère et d'un pignon qu'actionne un bouton placé à la base de l'arrière-corps.

A la partie supérieure de l'avant-corps, l'objectif est à moitié contenu dans une boîte coulissant à frottement dans cet avant-corps. La boîte de l'objectif est percée à l'avant et au-dessous d'une fente qui coupe en deux l'objectif perpendiculairement à son axe optique principal. Cette fente est réservée pour le passage des disques fenêtrés qui produisent, en tournant, des obturations intermittentes régulières.

Les intermittences d'éclaircissement sont données par deux disques fenêtrés tournant en sens contraire; les rencontres des ouvertures produisent les éclaircissements. Grâce à cette disposition, les éclaircissements sont très brefs et très rapprochés. Les dimensions des disques sont assez réduites, de sorte que l'appareil présente un volume très maniable, puisqu'il est à peu près égal à celui d'une chambre noire ordinaire de 30×40 .

Dans la partie supérieure de l'arrière-corps se glisse, par une rainure, le châssis à verre dépoli pour la mise au point, ou le châssis contenant la plaque sensible.

Le mécanisme du rouage actionnant les disques est mis en mouvement par une manivelle placée derrière le second corps de l'instrument. L'arbre de la manivelle traverse l'arrière-corps pour rejoindre l'avant-corps au-dessous du soufflet. Cet arbre est extensible et réductible, étant formé de deux tubes carrés coulissant l'un dans l'autre, de quantités variables à volonté, télescopiquement, pour permettre la mise au point par le rapprochement ou l'éloignement des deux corps de l'instrument.

III. *L'opération chronophotographique.* — Si l'objet dont on veut étudier le mouvement n'a pas beaucoup de relief, ou s'il peut être vu sous des perspectives très différentes, sans que ce relief ait une importance pour l'observation; on peut le chronophotographier de près avec un objectif à court foyer, pour avoir des images très lumineuses.

Mais, si l'objet a un relief important, il est nécessaire, au contraire, de s'en éloigner autant que possible pour éviter les différences de perspective qui nuiraient gravement à la comparaison des images chronophotographiques. En ce cas, pour ne pas trop réduire les images par l'éloignement, on emploie de préférence un objectif à long foyer.

MAREY employait à la *Station Physiologique* du Parc des Princes une sorte de cabane montée sur un chariot roulant sur des rails, qui renfermait l'appareil chronophotographique. La cabine pouvait être avancée ou reculée, à volonté, sans cesser de rester, dans ses mouvements, perpendiculaire au champ obscur.

Après le réglage et la disposition du champ obscur, le réglage de l'éloignement de l'appareil et le choix de l'objectif, l'opération chronophotographique proprement dite commence. La mise au point se fait en amenant les fenêtres des disques en coïncidence et en examinant sur la glace dépolie un objet quelconque, placé dans le plan que devra parcourir l'objet qu'on veut chronophotographier.

La mise au point étant faite, on ferme l'objectif extérieurement avec un obturateur d'avant ordinaire actionné par une poire en caoutchouc; on remplace le châssis de mise au point par un châssis garni d'une plaque sensible; on tire la planchette de ce châssis; on lance les disques en manœuvrant la manivelle, et enfin on presse la poire en caoutchouc de l'obturateur d'avant pour l'ouvrir au moment où l'objet en mouvement va passer devant le champ obscur dans le plan pour lequel on a fait la mise au point.

Quand l'opération est finie, on lâche la poire en caoutchouc; l'obturateur d'avant se referme, et on repousse la planchette du châssis qui contient la plaque sensible. Cette plaque est traitée dans la chambre noire comme les clichés ordinaires.

IV. *Mesures et comparaisons des images chronophotographiques* — 1. MUYBRIDGE avait eu l'idée de tracer sur le plan incliné servant d'écran des gradations qui, se trouvant reproduites dans les clichés en même temps que les images des animaux en marche, fournissaient un moyen d'apprécier exactement l'amplitude des mouvements exécutés dans un temps donné.

MAREY a employé un procédé plus pratique. Devant le champ obscur, visé par l'appareil, sont tracées une suite de divisions métriques très visibles dans le plan parcouru par le mobile observé. Cette échelle métrique, reproduite en même temps que le mobile sur la plaque sensible, sert à mesurer la grandeur réelle de l'objet et des espaces qu'il a parcourus. Afin de supprimer les calculs résultant de la réduction photographique de l'image, on peut agrandir celle-ci à l'aide d'une lanterne à projection, et l'amener jusqu'aux dimensions exactes du sujet observé. Dans ce cas, il n'y a qu'à lire directement, sans faire aucun calcul, les divisions de l'échelle métrique, également ramenées à leurs dimensions vraies.

2. Le temps pendant lequel le mouvement chronophotographié s'est accompli peut être déterminé d'après la vitesse de rotation du disque.

Pour une appréciation plus délicate du temps, MAREY employait le *cadran chronométrique*. — Cet appareil se compose d'un cadran en velours noir, gradué de traits blancs devant lequel tourne un indicateur blanc semblable aux aiguilles des anciennes horloges. — Cet indicateur est actionné par un mouvement d'horlogerie, muni d'un régulateur FOUCAULT; il fait le tour du cadran en une seconde et demie. Le cadran présente 18 divisions.

Si l'obturateur de l'appareil chronophotographique n'est pas assez rapide, les images successives de l'aiguille en marche ne sont pas nettes; si, au contraire, la vitesse de l'obturateur est suffisante, les pointes mêmes des images de l'indicateur apparaissent nettement. Cette netteté des images donne le moyen de mesurer exactement le temps écoulé entre deux éclairissements successifs, seule mesure nécessaire, la durée de l'éclairissement lui-même étant trop courte pour qu'on puisse l'apprécier utilement. Les images de l'aiguille sont d'autant plus nombreuses que la vitesse de l'obturateur est plus grande.

3. Pour un espace de temps donné, on peut prendre d'autant plus d'images d'un mobile que sa vitesse de translation est plus grande. Prenons un exemple: un homme passe en courant avec une vitesse V devant le champ obscur; sur la plaque de l'appareil chronophotographique, on n'obtient que quatre images non superposées. Sans modifier le mouvement des disques de l'appareil, faisons repasser l'homme au pas avec la vitesse v ; dans ce cas, la plaque sensible portera 16 images superposées en grande partie et presque confondues les unes avec les autres. — Pour la petite vitesse de translation de l'homme, il aurait fallu, pour obtenir des images distinctes, réduire au quart la vitesse de rotation des disques de l'appareil chronophotographique. La notion de temps est très complète quand celle d'espace est très restreinte (MAREY).

Quand le mobile est de faibles dimensions, par exemple, quand il s'agit d'une boule brillante, il est facile de multiplier les images chronophotographiques. — Au contraire,

si pour une même vitesse le mobile occupe un grand espace, quand il s'agit par exemple de l'homme ou du cheval, il devient impossible, sans certains appareils, d'en multiplier beaucoup les images, vu leur confusion provenant de leur superposition.

V. *Chronophotographie géométrique*. — Il est rarement indispensable de reproduire toutes les parties d'un sujet pour être renseigné sur son mouvement.

Ainsi, chez l'homme et la plupart des animaux observés de profil, les mouvements d'un seul côté du corps suffisent pour caractériser la marche, la course, le saut, etc.

En ce cas, pour supprimer les images, il suffit de supprimer un côté du corps en le noircissant, puisque ce côté noirci se confondra avec le noir du fond obscur.

Mais on peut faire mieux encore : revêtir, par exemple, l'homme observé, si le sujet est un homme, d'un maillot noir l'enveloppant de la tête aux pieds et ne tracer que des points et des lignes (boutons brillants, galons blancs) correspondant aux segments des membres et à leurs articulations.

La chronophotographie d'un personnage en marche vêtu de cette façon ne donnera

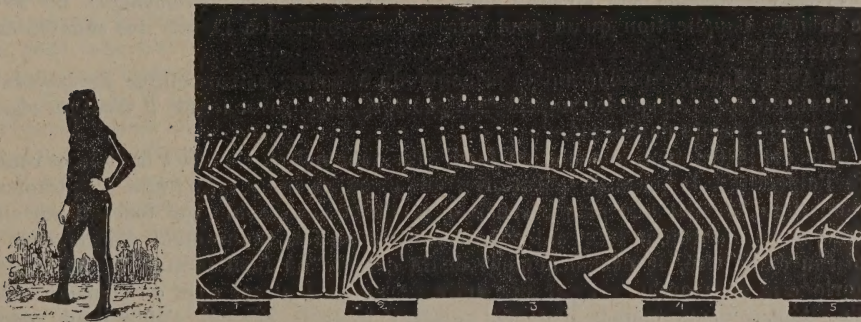


FIG. 129. — Chronophotographie de la marche (MAREY).

comme images que des lignes et des points, *figures géométriques* assurément peu encombrantes, et multipliables sans inconvénients. Néanmoins, chaque figure prise isolément permettra de reconstituer, avec des lignes et des points, l'exacte position des membres et par conséquent du corps entier de l'homme dans chacune des phases du mouvement où il aura été chronographié.

VI. *Miroir tournant*. — Dans bien des cas, il est désirable de multiplier les images tout en leur conservant leur intégrité. — Pour réaliser ce *desideratum*, MAREY a imaginé de suppléer à la translation insuffisante du sujet par un déplacement imprimé à l'image sur la plaque photographique.

On peut arriver à ce résultat de diverses manières, par exemple, en faisant pivoter la chambre photographique sur son support autour de son axe vertical. — La difficulté de mouvoir régulièrement la masse considérable de l'appareil a fait remplacer cette méthode par l'emploi d'un miroir tournant. L'image réflétée par le miroir dans l'objectif va se peindre sur la plaque sensible en des points toujours différents. On obtient de cette façon une série d'images complètes se succédant à des intervalles de temps très courts.

Voici comment on procède pour dissocier les images au moyen du miroir tournant :

On enferme tous les instruments dans une caisse obscure formée de deux compartiments à angle droit l'un sur l'autre. Une ouverture (DD) pratiquée dans l'un de ces compartiments, en forme de tube carré (TT) reçoit les rayons (rr') émanés du mobile en expérience. Ces rayons tombent sur le miroir (M) qui les réfléchit dans l'objectif (O) de l'appareil chronophotographique. Un mécanisme d'horlogerie imprime au miroir (M) un pivotement vertical. Ce mouvement a pour effet de promener de gauche à droite

les images et de les étaler sur la plaque photographique (*v*) dans des positions toujours différentes, à chaque fois que la rotation du disque (*l*) provoque une nouvelle admission de lumière dans l'appareil. Le rouage d'horlogerie doit conduire le miroir d'autant plus vite que les images doivent être plus écartées.

Grâce à ce moyen, comme aussi à la chronophotographie géométrique, les limites imposées à l'enregistrement sur plaque fixe peuvent être élargies dans une très importante proportion.

§ II. — Chronophotographie sur plaque mobile.

En 1873, JANSSEN eut l'idée de prendre une série de vues successives d'un même corps sur une plaque photographique en mouvement. En faisant ses observations sur le passage de Vénus devant le soleil, JANSSEN se servit d'une lunette qui présentait à son foyer une chambre photographique. La plaque sensible de cet appareil était circulaire et tournait par saccades autour de son centre, de manière à présenter toutes les 70 secondes un point différent de son pourtour au foyer de l'objectif. On obtenait ainsi la silhouette faite par Vénus sur le soleil à des intervalles connus. Ces images permettent de mesurer la vitesse du phénomène.

JANSSEN a désigné son appareil sous le nom de *revolver astronomique*. En 1878, il a indiqué l'application qu'on peut faire de cet appareil à l'étude des mouvements des animaux.

En 1882, MAREY, en adoptant le principe du revolver astronomique de JANSSEN, a construit un appareil spécial, appelé *fusil photographique*, avec lequel il visait un oiseau pendant une partie de son vol.

Dans cet instrument, le canon du fusil, gros tube noirci, servait à la visée et contenait l'objectif. A la place de la batterie, une chambre noire cylindrique à mécanisme automatique, logeait une plaque sensible, ronde ou octogonale, qui tournait sur elle-même, et un obturateur tournant commandé par un fort mouvement d'horlogerie. — L'oiseau étant visé, le déclenchement de la détente du fusil mettait le mouvement d'horlogerie en marche, et, par une suite de petits déplacements de la plaque sensible, déplacements coupés d'arrêts, pendant lesquels agissait l'obturateur, douze images successives se trouvaient prises en une seconde de temps sur tout le pourtour de la plaque. Chacune des images était faite en $1/720$ de seconde et donnait des renseignements précis, mais encore trop incomplets, sur les mouvements du vol. Les images obtenues étaient fort petites. — Pour plus de sûreté dans la mesure des durées, MAREY adapta au fusil un appareil chronographique formé d'une capsule à air qui recevait un choc à chacun des déplacements de la plaque sensible; un tube de caoutchouc reliait ce tambour à un tambour enregistreur qui traçait les mouvements reçus sur un cylindre tournant; on enregistrait aussi en même temps les vibrations d'un diapason. De cette manière, la durée de l'impression lumineuse et l'intervalle de temps qui séparait les images les unes des autres, étaient mesurés avec une précision satisfaisante.

JANSSEN (*C. R. Ac. des Sc.*, 1882, xciv, 911) a proposé de recueillir les images photographiques sur une plaque animée d'une rotation continue. — Ce procédé ne donne que des images peu nettes.

§ III. — Chronophotographie sur bande pelliculaire.

Pour avoir un grand nombre d'images, bien distinctes, MAREY a imaginé de recueillir les images successives sur différents points d'une longue bande qui passerait au foyer de l'objectif en s'y arrêtant un instant très court pour la prise de chaque image.

Les premiers appareils chronophotographiques à pellicule mobile de MAREY présentaient un dispositif électrique constitué par des contacts et des électro-aimants qui provoquaient l'arrêt de la bande pelliculaire sensible au passage d'une fenêtre éclairante. Le papier sensible se déroulait sous l'influence d'un mécanisme d'horlogerie.

Plus tard, MAREY a renoncé à l'emploi de l'électricité, et dans les appareils les plus récents les mouvements de la pellicule et ses arrêts ne sont plus confiés à un rouage indépendant, mais ils sont solidaires des mouvements du disque.

1. *Appareil chronophotographique.* — Le chronophotographe de MAREY qui sert pour la chronophotographie sur plaque fixe sert aussi à la chronophotographie sur pellicule mobile. Pour cela, il suffit de remplacer, dans l'arrière-corps de l'appareil, le châssis négatif de la plaque fixe par un autre châssis qui se nomme *fenêtre d'admission*, parce qu'il joue, en effet, au moyen de deux panneaux mobiles coulissant dans une rainure, le rôle de fenêtre à ouverture variable pour l'admission de la lumière.

En arrière de cette fenêtre se place dans une boîte spéciale, dite *chambre aux images*, la pellicule sensible et son mécanisme, le tout se logeant comme la fenêtre d'admission dans l'arrière-corps du chronophotographe.

Dans la chambre aux images la pellicule s'engage sur divers organes mécaniques qui servent à la faire passer, en la déroulant d'une bobine (M) servant de *magasin* sur une autre bobine *réceptrice* (R) après avoir reçu, derrière la *fenêtre d'admission* (en F), dans la chambre aux images, l'impression lumineuse.

Les pellicules qu'on emploie sont de longues bandes sensibles de 9 centimètres de hauteur qui se terminent à leurs deux extrémités par une certaine longueur de papier parfaitement opaque et taillé au bout en pointe.

Les bobines ont, comme les pellicules, 9 centimètres de hauteur; ce sont de petits cylindres fermés en haut et en bas par des disques d'épaisseur inégale. Ceux du haut sont minces; et ceux du bas, épais, portant en dessous des trous sur tout leur pourtour. Un petit tube traversant chaque bobine d'un fond à l'autre sert à l'enfiler, dans la chambre aux images, sur une broche verticale fixée à cette chambre.

A l'abri de la lumière, dans le laboratoire, on garnit la bobine-magasin (M) de la pellicule sensible en engageant le papier opaque sur celle-ci par l'une de ses pointes dans la fente ménagée sur le cylindre, puis en enroulant.

Il suffit de maintenir cette pellicule enroulée bien fixe sur la *bobine-magasin*, avec un lien par exemple, pour qu'elle soit à l'abri de la lumière, grâce aux sortes de queues de papier dont nous avons déjà parlé. L'enroulement achevé dans le laboratoire, on peut en sortir pour charger en pleine lumière la boîte aux images de la façon suivante: sur la broche de gauche de cette chambre on place la bobine-magasin; puis on dégage l'extrémité de la queue opaque libre pour l'engager par sa pointe dans la fente de la *bobine réceptrice* en faisant un ou deux tours avec l'extrémité de cette queue sur cette seconde bobine. Enfin, en gardant cette dernière bobine de la main droite, on fait passer, avec la main gauche, la queue opaque dans une rainure, devant une ouverture (F) de la chambre aux images, puis sur un tambour-guide (L), où elle se trouve maintenue par un rouleau compresseur (r) qu'on écarte légèrement, et il n'y a plus qu'à enfiler la *bobine réceptrice* (R) par la broche de droite en écartant son rouleau compresseur (r) pour que la chambre aux images soit chargée.

La queue opaque, partant de la *bobine réceptrice* (R), passe devant l'ouverture (F) sur un tambour-guide pour aller jusqu'à la *bobine-magasin* (M) qu'elle recouvre encore de plusieurs tours, protégeant ainsi la pointe sensible de la pellicule qui se déroulera au moment de l'opération. Quand elles sont placées sur leurs broches dans la chambre aux images, les bobines s'engagent par les trous percés en couronnes dans l'épaisseur de leur base sur des chevilles fixées dans des plateaux tournants actionnés par la manivelle du chronophotographe comme les disques obturateurs fenêtrés, de telle sorte que le même effort de la manivelle du chronographe lance les disques fenêtrés et met en mouvement le mécanisme de la chambre aux images, au moyen d'un embrayage, dès qu'on veut commencer l'opération.

MAREY a modifié cet appareil dans ses détails afin d'obtenir une parfaite égalité entre les intervalles des images, égalité qui lui a paru nécessaire pour rendre la chronophotographie applicable aux projections.

MAREY, depuis lors, s'est contenté de recourir à des bandes refermées sur elles-mêmes et présentant le retour périodique d'un même mouvement. Il tombait ainsi dans un dispositif très analogue à celui du kinétoscope d'EDISON à bandes.

A présent on trouve dans le commerce des pelliculaires de 20 mètres et plus.

L'invention de KODAK ayant mis dans le commerce de longues bandes de papier au gélatino-bromure d'argent, et la facilité de se procurer des *films* transparentes plus avantageuses encore, ont aidé au développement de la chronophotographie.

2. Voici encore, très brièvement, la description de quelques types d'appareils chronophotographiques de Marey :

Le type I (a), fonctionnant dans la lumière rouge du laboratoire photographique ; l'objectif est braqué au dehors au travers d'un pavillon en forme d'entonnoir. A la place du châssis ordinaire on glissait une planchette sur laquelle était monté un rouage d'horlogerie (R) conduisant sur des rouleaux une longue bande de papier. La rotation du disque produisait, à chaque passage d'une fenêtre éclairante, un contact électrique pendant lequel un électro-aimant comprimait la bande et l'arrêtait. Cet arrêt très court est nécessaire au moment de la prise d'une image.

Le Type II (b). On ne photographiait plus dans la chambre noire. MAREY fit une boîte portative qui se chargeait dans le laboratoire, mais qu'on pouvait porter au dehors avec le chronophotographe lui-même.

Le Type III (c). Renonçant à l'emploi de l'électricité, MAREY fit un appareil où les *mouvements* de la pellicule et ses arrêts n'étaient plus confiés à un rouage indépendant, mais étaient solidaires des *mouvements* du disque.

3. *Fusil chronophotographique à bandes pelliculaires.* — Dans sa forme primitive, le fusil chronophotographique ne donnait qu'un nombre insuffisant d'images, 12 seulement. — Dans le nouveau fusil, une bande de 20 mètres reçoit les images successives. L'obturateur est formé d'un robinet à lumière, bien moins encombrant que le disque. Un rouage mû par une dynamo est placé dans la crosse.

Chaque fois qu'on presse sur la détente, le courant se ferme, et la pellicule prend son *mouvement*, qui cesse aussitôt qu'on cesse d'appuyer sur la détente. Des accumulateurs légers ou une pile portative fournissent le courant nécessaire.

4. *Opération chronophotographique sur pellicule mobile.* — Le champ clair ou obscur étant choisi et réglé, ainsi que la distance du chronophotographe, et la *fenêtre d'admission* étant mise dans la rainure, avec l'écartement qui convient, on ouvre dans l'arrière-corps de l'appareil la chambre aux images; on repousse dans cette chambre le verre dépoli (V) contre l'ouverture (F); on referme le couvercle de la chambre et, par le viseur de cette chambre, on règle la mise au point. Il n'y a plus ensuite qu'à garnir la chambre aux images de ses deux bobines, enlever le verre dépoli, refermer le couvercle et lancer les disques fenêtrés au moyen de la manivelle.

Quand le sujet va passer devant le champ obscur ou clair, on fait agir par un déclanchement l'embranchage, et le mécanisme de la chambre aux images entre en fonction, tandis que sur la *bobine-magasin* (M) le papier opaque et la pellicule sensible se déroulent, malgré la pression de son rouleau compresseur, le papier opaque s'enroule, maintenu par un autre rouleau compresseur, sur la *bobine réceptrice* (R), après avoir passé sur le tambour-guide du laminoir (L) et devant l'ouverture (F).

Pendant toute la durée de l'opération la marche du mécanisme est égale et continue, mais la pellicule, néanmoins, n'avance devant l'ouverture (F) que par saccades, car il importe qu'à chaque éclaircissement des disques obturateurs il y ait un arrêt de la surface sensible pour que les images possèdent toute la netteté désirable. Ce mouvement saccadé est donné, au passage de la surface sensible devant l'ouverture (F), par un organe spécial qui la pince, l'arrête et la laisse reprendre son mouvement quand l'image est reproduite.

Dès que les derniers tours de papier opaque, enroulés sur la bobine-magasin, se sont déroulés, la surface sensible arrive au foyer de l'objectif devant l'ouverture (F) et la chronophotographie commence. Quand la surface sensible a passé, la seconde queue opaque se déroule à son tour et recouvre la pellicule impressionnée, de telle sorte qu'à la fin de l'opération il ne reste rien de la bobine (M), toute la pellicule étant enroulée sur la bobine R, et celle-ci est prête à être reprise en pleine lumière et portée dans le laboratoire pour le développement photographique.

Pour toutes les opérations, la *fenêtre d'admission* règle l'utilisation de la surface sensible et permet de l'économiser en la réduisant au minimum nécessaire. — Si le sujet à chronophotographier est plus long que large, on rapproche les volets mobiles de la fenêtre. Si le sujet est au contraire plus large que haut, on écarte les volets, e

on retourne même au besoin le chronographe sur le côté afin d'utiliser la plus grande largeur de la fenêtre d'admission, mais en ce cas la succession des images, au lieu d'être transversale, est verticale, et se lit de haut en bas.

Sur une même largeur de bande pelliculaire on peut prendre d'autant plus d'images que celles-ci sont plus réduites; il suffit pour cela de multiplier les éclaircissements au moyen des disques obturateurs dans une proportion correspondant à la réduction de l'admission de la lumière par la fenêtre d'admission.

A cet effet, les fenêtres des disques obturateurs sont munies de volets, et on n'a qu'à ouvrir ou fermer un certain nombre de ces volets pour augmenter ou réduire le nombre des fenêtres des disques.

On ne se préoccupe pas du nombre des arrêts de la pellicule, une disposition particulière du mécanisme de l'appareil le réglant automatiquement.

5. Pour le développement des épreuves, MAREY se sert de deux poulies de métal, munies chacune d'une manivelle et montées l'une à côté de l'autre sur un bâti porté par quatre pieds. En se déroulant d'une bobine pour s'enrouler sur l'autre, la pellicule se réfléchit sur une tige de verre horizontale placée au niveau des pieds. Cette tige plonge dans une cuvette qui contient le développateur. On fait passer la pellicule d'une bobine sur l'autre, autant de fois qu'il est nécessaire pour que le développement soit complet.

Pour tirer les images positives, on se sert d'un appareil spécial: Une caisse de bois peu profonde et s'ouvrant sur une de ses faces, porte sur sa paroi opposée quatre broches destinées à recevoir la bobine. Des laminoirs animés d'un mouvement automatique entraînent la pellicule négative et la feuille de papier sensible.

§ IV. — Chronophotographie à l'aide de plusieurs objectifs.

1. LONDE (1883), revenant à la méthode de MUYBRIDGE perfectionnée, a construit, en collaboration avec DESSOUDX, un appareil dans lequel une série de 12 objectifs forment leurs images en des points différents d'une plaque rectangulaire de grandes dimensions. Un ingénieux dispositif provoque l'ouverture successive de ces objectifs à des intervalles équidistants, aussi rapprochés que l'on veut. L'analyse du mouvement est parfaite; l'ordre des images ne peut être interverti, puisqu'elles sont toutes obtenues sur une même plaque; mais le nombre de ces images est nécessairement limité par la nécessité d'avoir un objectif pour chacune d'elles.

Le général SÉBASTIEN a employé un appareil analogue pour étudier les phases du lancement des torpilles.

KOHLRAUSCH (1891) a construit un appareil formé d'un disque sur lequel se trouvent placées un certain nombre de chambres photographiques. L'axe du disque est disposé comme le fléau d'une balance. Les chambres photographiques passent l'une après l'autre devant une fente éclairée.

2. *Images alternantes.* — En accouplant deux chambres noires, munies de leurs objectifs et de leurs plaques sensibles, et en n'employant pour l'obturation de ces deux chambres qu'un seul disque (ce qui est facile en faisant occuper aux deux chambres des positions diamétralement opposées par rapport au disque) on obtiendra des images alternatives dans chacune des chambres visant l'une et l'autre le même point du champ obscur, pourvu que le nombre des fenêtres du disque soit impair et que ces fenêtres soient régulièrement espacées autour du disque.

Grâce à cette disposition, une fenêtre sera en face d'un des objectifs et produira l'éclaircissement dans une chambre noire, tandis que l'autre sera dans l'obscurité, puisque son objectif se trouve dans l'intervalle des deux fenêtres, et les images alterneront à droite et à gauche ou en haut et en bas.

Après l'opération, les deux plaques développées devront être rapprochées, mises côte à côte, ou l'une sur l'autre, suivant que les chambres diamétralement opposées par rapport au disque obturateur auront été placées l'une à droite, l'autre à gauche, ou l'une en haut et l'autre en bas, et les images se suivront pour la lecture dans un ordre alternant. On peut appareiller aussi de la même façon quatre objectifs, mais c'est difficile.

§ V. — *Chronophotographie microscopique.*

Il est très difficile de faire l'étude des mouvements des organismes microscopiques, car il faut réduire beaucoup la durée de pose, d'une part, et, d'autre part, il y a défaut d'éclairage, puisqu'un agrandissement linéaire de cent diamètres, par exemple, réduit 10 000 fois l'intensité lumineuse de chaque point grossi.

1. MAREY, pour faire de la chronophotographie microscopique, a adapté sur l'avant-corps du chronophotographe une caisse portant un objectif qui condense la lumière transmise par un héliostat. — La lumière, en passant par l'objectif, traverse d'abord l'avant-corps de l'appareil, les disques fenêtrés, dont on a amené les fentes en coïncidence, puis arrive au foyer du condensateur, derrière l'avant-corps, là où une platine est disposée pour recevoir les préparations microscopiques. La position de cette platine se règle, pour la mise au point, au moyen d'une crémaillère, puis à l'aide d'une vis micrométrique. Derrière la platine porte-objet, l'objectif microscopique est adapté à une boîte métallique dans laquelle passent les rayons lumineux et l'image grossie de la préparation pour aller se reproduire sur une glace dépolie de la chambre aux images. — Un tube microscopique, placé à gauche de la boîte métallique, permet, grâce à la réflexion totale d'un prisme, de rechercher les points intéressants de la préparation microscopique avant d'opérer la chronophotographie. Une lentille de correction permet, en regardant par l'oculaire du tube du microscope, de régler l'appareil de grossissement. Pour effectuer les observations, il est indispensable d'interposer entre l'objectif concentrateur et l'héliostat une feuille de papier épais, afin de réduire la lumière et de ménager la préparation et l'œil de l'opérateur. — Pour éviter les inconvénients de la chaleur, on interpose des écrans de solution d'alun dans la glycérine. Grâce à l'intermittence des éclairages qui ont une durée inférieure à $1/1000^e$ de seconde, les organismes microscopiques ne sont pas détruits par la grande chaleur de la lumière concentrée.

NACHET a construit un condensateur de lumière conique, à base sphéroïdale, qui réalise fort bien un champ obscur, pour les faibles grossissements, ce qui permet d'avoir des images sur plaque fixe. Au centre de la base sphérique du cône du condensateur, une capsule est creusée et remplie d'un vernis noir opaque. La lumière arrivant au sommet du cône se trouve réfléchiée en rayons convergents à la base et illumine fortement la préparation qui se détache en clair sur le fond noir central.

2. Pour faire la chronophotographie microscopique des mouvements des cils vibratiles du manteau de la moule, NOGUÈS a employé, à l'Institut MAREY, le dispositif suivant :

Un soufflet photographique (S) relie le microscope (M) au chronophotographe (C). La lumière donnée par la lampe à arc (B) à réglage automatique est concentrée au moyen de 3 condensateurs (un, placé dans la lanterne; le second (A) placé entre la lanterne et le disque (D), et le troisième est le condensateur ABBE du microscope. Pour diminuer la durée de l'éclairement, assurer son uniformité et avoir le meilleur rendement, le disque fenêtré (D) se trouve placé sur le trajet du faisceau lumineux à l'endroit où il est le plus mince.

3. On peut faire l'étude chronographique des mouvements très rapides en faisant des projections microscopiques sur écran fenêtré. Voici comment on procède :

On s'enferme dans une chambre obscure où la lumière solaire ne pénètre que par un trou. On recueille le faisceau lumineux au moyen d'un condensateur (le faisceau lumineux traverse d'abord une cuve pleine d'une solution d'alun), et on le dirige sur la préparation microscopique. L'objectif microscopique, placé derrière, en renvoie l'image sur un écran percé de trous de même forme et de mêmes dimensions que la fente d'admission du chronophotographe qui est derrière ce trou de l'écran. Quand on veut avoir des photographies, on presse la gâchette du chronophotographe.

Avec ce procédé, la mise au point peut être faite avec plus de perfection, plus vite, et l'observateur n'est plus exposé aux dangereux effets de la lumière concentrée.

§ VI. — Chronophotographie des mouvements lents.

Voici la description des dispositifs employés à l'Institut MAREY pour faire la chronophotographie des mouvements lents.

1. Un chronophotographe de MAREY (C) est relié à un treuil (T) actionné par un poids (P). Sur l'axe qui relie ces deux appareils se trouve une ailette (L) dont une des extrémités repose sur une tige verticale (E) en face de laquelle se trouve un électro-aimant (F). Sur le circuit de cet électro-aimant, est intercalé un basculeur à eau (B) dont le fonctionnement est assuré par le réservoir à niveau constant (R). La fermeture du courant de l'électro-aimant produit l'attraction de la tige (E) vers l'électro-aimant (F) et laisse libre l'ailette (L). L'appareil se met à tourner jusqu'à ce que l'ailette (L) soit de nouveau arrêtée par la tige (E). Pour un tour complet de l'axe qui relie le chronophotographe au treuil, on peut avoir une image ou plusieurs images, suivant le besoin. Les intervalles de temps entre deux images successives se trouvent réglés par la vitesse d'oscillation du basculeur.

C'est à l'aide d'un tel dispositif qu'on a pu photographier les phases successives de l'ouverture d'une fleur de volubilis.

2. Pour chronophotographier un phénomène très lent, comme par exemple le développement d'une colonie de botrylles, BULL et PIZON ont employé, à l'Institut MAREY, le dispositif suivant :

Un système d'horlogerie (A) actionne un chronophotographe (B) auquel est adapté un microscope (C). La préparation (D) est éclairée au moyen d'un bec AUER (E) à veilleuse dont l'éclairage est rendu intermittent par un électro-aimant en relation avec le chronophotographe. L'expérience peut durer plusieurs jours.

§ VII. — Chronophotographie des mouvements rapides.

1. Quand la durée d'un phénomène est inférieure à une seconde ($\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$, etc., de seconde) les appareils chronophotographiques que nous avons décrits ne sont plus suffisants, car le nombre d'images qu'ils peuvent donner pendant une seconde ne dépasse pas le chiffre de 25 à 30 en moyenne. En réduisant la largeur de l'image, MAREY est arrivé à obtenir jusqu'à 440 photographies par seconde. A l'Institut MAREY, on a pu avoir 140 images par seconde sans changer le principe de l'appareil chronophotographique, à savoir : la marche de la pellicule avec arrêt pour le temps de pose et l'éclairage intermittent obtenu au moyen d'un disque fenêtré. Dans le nouveau chronophotographe de l'Institut MAREY l'entraînement de la pellicule est réalisé par deux cylindres (C et C') ; sur la circonférence de l'un de ces cylindres (C) se trouvent 8 méplats qui rendent la marche de la pellicule intermittente. A l'aide de multiplications par des engrenages, ces cylindres peuvent faire 17-18 tours par seconde. Un compresseur (B) assure l'arrêt net de la pellicule toutes les fois qu'elle n'est pas entraînée par les cylindres. Devant la fenêtre (F) la pellicule est aussi légèrement comprimée pour éviter les vibrations qu'elle pourrait avoir en grande vitesse. La réserve (R) de pellicule se trouve dans une petite boîte à part (supérieure). Dans cette même boîte, la pellicule est guidée et débitée au moyen de deux cylindres lamineurs (D et K) dont l'un (D) reçoit le mouvement de la manivelle par une transmission à courroie. — Après avoir été impressionnée, la pellicule tombe dans une boîte inférieure (L) où se trouve un système analogue au précédent et qui assure la descente de la pellicule.

2. L'appareil qui a servi à LENDENFELD pour étudier les mouvements des ailes des *Muscidés*, *Culcidés*, et *Bombus*, se compose d'un héliostat qui envoie la lumière solaire directe sur une grosse lentille biconvexe. Derrière cette lentille se trouve un disque de 36 centimètres de diamètre, avec 50 fentes rayonnantes ayant chacune 3 centimètres de long sur $1/2$ millimètre de large. Ce disque est placé verticalement sur l'axe lumineux de façon que le foyer de la lentille tombe sur la zone marginale à fente du disque. A l'aide d'une transmission quelconque, on met le disque en mouvement avec une

vitesse de 50 tours par seconde, et même davantage. On peut ainsi avoir plus de 2500 éclairs lumineux. Si le disque ne tourne qu'une fois par seconde, on n'obtient que 50 éclairissements.

Derrière ce disque à fentes, il y a une deuxième grosse lentille biconvexe, qui rassemble les rayons divergents après le point focal de la première lentille. Derrière et tout près de cette lentille se trouve un écran avec un trou circulaire. Dans cet écran se trouve une petite boîte à parois transparentes, dans laquelle on introduit un insecte. En introduisant de l'oxygène ou des vapeurs excitantes dans cette boîte, on provoque les mouvements de l'insecte. Au foyer de la seconde lentille se trouve un miroir (ou un prisme) mobile autour d'un axe horizontal. Ce miroir, dans sa position moyenne, fait un angle de 45° avec l'axe du faisceau lumineux ; il réfléchit donc la lumière sous un angle droit. — Tout près de ce miroir, il y a le système de lentilles de l'appareil photographique. Les rayons lumineux, qui sortent en divergeant de ces lentilles, tombent sur un second miroir (ou prisme) qui se trouve à l'intérieur de la chambre photographique. Ce miroir est mobile autour d'un axe vertical ; dans sa position moyenne le miroir fait un angle de 45° , et renvoie la lumière sur la plaque photographique.

En variant la distance qui sépare les deux lentilles et le premier miroir, on peut faire varier à volonté la grandeur des images obtenues.

Derrière l'écran à trous, entre celui-ci et la boîte qui contient l'insecte, on fait tomber

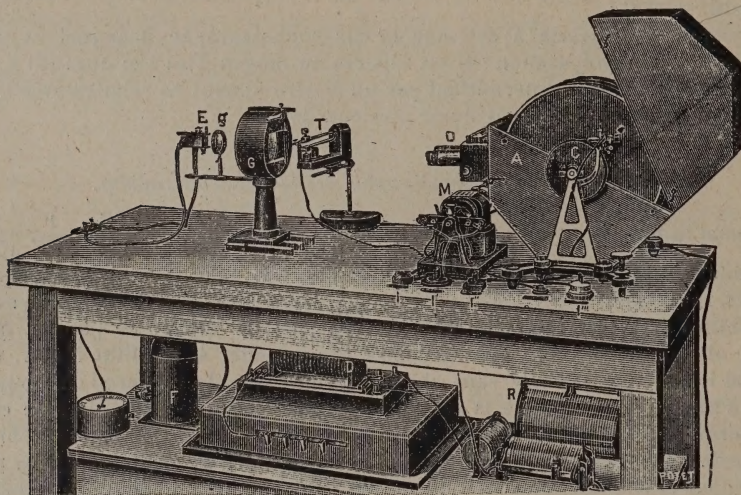


FIG. 130. — Chronophotographe électrique de BULL.

des grains de plomb d'une hauteur de 450 millimètres, de façon qu'ils traversent le faisceau lumineux avec une vitesse de 3 mètres par seconde. — On obtient donc, en même temps que l'image de l'insecte, l'image d'un grain de plomb. En mesurant le diamètre des images et la distance qui les séparent, on peut calculer, connaissant le diamètre réel du grain de plomb et la vitesse de chute, le temps qui sépare les diverses images.

Pour photographier, on fait tourner le 2^e miroir autour de son axe vertical de gauche à droite, très rapidement, et le 1^{er} miroir de haut en bas. On répète plusieurs fois ce mouvement jusqu'à ce que toute la plaque soit recouverte. On peut ainsi obtenir de 4 à 10 séries, de 20 à 40 images chacune, sur une plaque de 18×24 centimètres.

Les meilleures images ont été obtenues avec des intervalles de pose de $1/2150$ jusqu'à $1/1600$ de seconde.

On obtient encore de belles images avec une durée d'éclairement de $1/42000$ de seconde.

Pour avoir une plus grande série d'images, LENDENFELD a employé, au lieu du système

de deux miroirs, décrit plus haut, un miroir animé d'un mouvement de rotation (le miroir est fixé sur un axe horizontal à 80°).

3. Les séries d'images obtenues par LENDENFELD sont courtes et ne se prêtent pas à la synthèse ; elles présentent en outre un certain degré de flou, dû à la trop grande durée de la période d'éclairement par rapport à la vitesse de déplacement de l'image. Ces inconvénients ne se retrouvent pas dans le dispositif de BULL, qui a employé comme source lumineuse l'étincelle électrique. Les images équidistantes sont obtenues par BULL en provoquant les étincelles à des intervalles de temps correspondant à des déplacements égaux d'une pellicule.

Voici la description de ce dispositif, employé par BULL à l'Institut MAREY (fig. 130) :

Dans une boîte se trouve un cylindre monté sur un axe horizontal. Sur ce même axe, mais extérieurement à la boîte, est monté un interrupteur rotatif destiné à rompre un certain nombre de fois pendant un tour le circuit primaire d'une bobine d'induction. Sur le trajet du courant induit est placé, en dérivation, un condensateur. Les étincelles éclatent entre deux électrodes en magnésium derrière une lentille. Celle-ci concentre les rayons dans l'objectif, au foyer duquel tourne très rapidement le cylindre entouré d'une pellicule sensible. A chaque tour du cylindre jaillit un nombre d'étincelles correspondant à celui des contacts sur l'interrupteur. Il suffit de démasquer l'objectif pendant la durée d'un tour pour obtenir une série d'images régulièrement espacées de l'insecte placé entre la lentille et l'objectif. A cet effet est disposé derrière ce dernier un obturateur à double volet, qui, au moment voulu, est ouvert par le passage du taquet dont est muni le bord du cylindre ; la fermeture s'effectue automatiquement au tour suivant au moyen du même taquet.

Avec ce chronophotographe électrique, BULL a obtenu 1 500 images par seconde.

V

Cinématographie.

La synthèse des mouvements, dont l'analyse a été faite par la chronophotographie, peut être obtenue à l'aide des projections animées ou de la *cinématographie*. La vue cinématographique d'un mouvement avec sa vitesse réelle est obtenue quand on fait la projection animée avec la même rapidité que dans la prise des images. Cette vue, en général, n'est pas intéressante, au point de vue scientifique. Ce qui est intéressant, c'est de ralentir les mouvements rapides, et d'accélérer les mouvements trop lents. Dans ces conditions, on donne la sensation d'un mouvement parfaitement défini, qui montre toutes les phases d'un phénomène de longue ou de courte durée. Les conditions expérimentales qui rendent instructives les projections animées ont été indiquées par MAREY (1897).

Le chronophotographe n'a besoin, en principe, d'aucune modification pour devenir projecteur d'image, c'est à dire *cinématographe*. A l'intérieur de la caisse aux images se trouve un tube carré de métal qui encadre exactement la fenêtre où les images se forment. Ce tube est fermé en arrière par un volet qu'on ouvre pour diriger un faisceau de lumière sur l'image positive qu'on projette. — Dans la prise des images, au contraire, cette fenêtre est fermée, et le tube a pour fonction d'empêcher la lumière de se diffuser dans la chambre et de voiler la pellicule.

Le principe de la cinématographie se trouve dans le *phénakistiscope* ou *zootrope* de PLATEAU. — En 1857, REVILLE proposait de faire succéder dans le stéréoscope une série de doubles images représentant les phases successives d'un phénomène. — Vers 1861, COLEMAN SELLERS a imaginé un appareil nommé *stéréophantascope*, qui était en quelque sorte la réalisation de l'idée de REVILLE. — En 1874, DUCOS DU HAURON a pris un brevet pour un *appareil destiné à reproduire photographiquement une scène quelconque avec toutes les transformations qu'elle a subies pendant un temps déterminé*. La prise des images succes-

sives et leurs projections sous forme de photographies animées — c'est-à-dire, la chronophotographie, — tout est décrit et figuré dans ce brevet.

En 1893, MAREY construisit son projecteur chronophotographique, qui était la réalisation de la conception de DUCOS DU HAURON. L'imperfection de cet appareil était le sautellement des images projetées provenant des inégalités des intervalles entre les images.

EDISON, en 1894, dans son *kinétoscope*, a réalisé l'équidistance des images en perforant la pellicule sensible de trous équidistants. Cette pellicule était entraînée par des chevilles.

En 1898, MAREY a construit un *chronophotographe analyseur et projecteur* qui permettait d'avoir l'équidistance des images sans perforer les pellicules.

Les projections chronophotographiques commencèrent à jouir d'une grande vogue, quand les frères LUMIÈRE ont construit leur *cinématographe*.

VI

Diagrammes naturels.

Il y a des phénomènes qui s'enregistrent sous forme de figures, sans l'intermédiaire d'un appareil enregistreur proprement dit. Voici quelques exemples de ce genre d'enregistrement :

1. CHLADNI (1787), pour rendre apparente les lignes nodales des plaques vibrantes, a imaginé de semer un peu de sable fin sur une plaque mise en état de vibration à l'aide d'un archet. Le sable mis en mouvement par les vibrations du corps se déplace, en s'accumulant dans les parties immobiles. Les lignes nodales se trouvent ainsi dessinées sous forme de figures (diagrammes). La forme de ces diagrammes est intimement liée aux sons produits par la plaque. On peut les conserver, en appliquant sur la plaque une feuille de papier mouillé avec de l'eau légèrement gommée, et en la retirant ensuite avec précaution.

2. Pour étudier les lignes équipotentiellles, GUEBHARD (1882) a proposé une méthode électro-chimique qui permet en quelque sorte de trouver la *solution graphique* de divers problèmes. — Cette méthode est basée sur le principe suivant :

Quand on décompose par électrolyse l'acétate de plomb, ou une solution d'oxyde de plomb dans la potasse, l'oxygène produit à l'électrode positive y donne un dépôt de bioxyde de plomb. Cette propriété, observée par NOBILI et BECQUEREL, leur a donné l'idée d'une expérience intéressante. En prenant pour électrode positive un métal poli, on obtient des colorations très vives qui changent avec l'épaisseur du dépôt en donnant des anneaux colorés. Si l'on donne à l'électrode négative la forme d'une pointe, et qu'on la rapproche de l'électrode positive, on obtient des anneaux circulaires sur une plaque isolée plongée dans le liquide au voisinage. GUEBHARD a remarqué que, quels que soient le nombre et la forme des électrodes, le dessin qui recouvre la plaque fournit un diagramme des *lignes équipotentiellles*, et que c'est précisément celui que donnerait la théorie de KIRCHHOFF pour une plaque conductrice limitée au même contour et en contact avec les électrodes. Cette concordance est telle que GUEBHARD propose l'application de cette méthode à la solution graphique des problèmes de ce genre qui n'ont pas encore été résolus par le calcul.

3. On peut avoir des renseignements précieux sur la constitution des faisceaux sonores, en employant le procédé des anneaux colorés de GUEBHARD. Voici en quoi consiste ce procédé : si l'on projette le souffle humide de l'haleine sur un bain de mercure, la vapeur d'eau, en s'y condensant en nappes minces, y produit des anneaux colorés comparables aux anneaux de NEWTON, et dont les bandes colorées correspondent aux quantités d'eau condensées et par suite aux densités de vapeur à chaque point de la section de la colonne d'air expirée. Si l'on émet différents sons au voisinage d'un bain de mercure, on obtient une série de diagrammes différents correspondant à chaque son.

On obtient aussi des figures colorées tourbillonnantes caractéristiques pour chaque son dans le *Phonéidoscope* de SEDLEY-TAYLOR. Ce physicien, ayant remarqué qu'une lame liquide présente, sous l'influence des vibrations sonores, des vibrations caractéristiques, a fait construire un appareil, le phonéidoscope, permettant l'étude des figures présentées par la lame liquide.

4) Dans la catégorie des diagrammes naturels, obtenus sans appareils enregistreurs, nous pouvons classer aussi les *lignes* de LUDERS, qui apparaissent sur la surface d'un morceau d'acier qui a subi une déformation permanente.

Ces lignes décrites et observées pour la première fois par LUDERS (1860) ont été bien étudiées par BECK-GEURHARD, GALLON, HARTMANN, FRÉMONT, etc. — (Voir : FRÉMONT. *Bulletin de la Société d'encouragement par l'industrie nationale*, Septembre 1896).

Bibliographie. — Technique générale. — BERNSTEIN (J.) et STEINER (J.). *Ueber die Fortpflanzung der Contraction und der negativen Schwankung im Säugethiermuskel* (A. P., 1875, 526-551). — V. BEZOLD. *Untersuchungen über die electrische Erregung* (A. P., 1861, 79-88). — BLIX (MAGNUS). *Neue Registrirapparate. Das elektrishe Kymographion* (A. g. P., 1902, XC, 405-417). — BECKELMAN. *Het Pantokymographion en eenige daarmee verrichte physiologische proeven* (In. Diss. Utrecht. Delft, F. Gräfe, 1894, 58 s.). — CATON (R.). *Description of a new form of recording apparatus for the use of practical physiology classes* (J. Anat. and Phys., 1887-1888, XXII, 103-106, 1 pl.). — CHAUVEAU. *Procédés et appareils pour l'étude de la vitesse de propagation des excitations dans les différentes catégories de nerfs moteurs chez les mammifères* (C. R., 1878, LXXXVII, 95-99). — CLOPATT (A.). *Zur Kenntniss des Einflusses der Temperatur auf die Muskelzuckung* (Skand. Arch., 1900, x, 249-334). — COSTA SIMÕES (A.-A. DA). *O registrador Chauveau no laboratorio de physiologia experimenta. em Coimbra* (Coimbra Med., 1883, v, 72, 83, 1 pl.). — CYON (E.). *Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen*, 1876, 127-132 (Giessen et St-Petersburg, 2 vol. in-8°). — DUBOIS (R.). *Appareil enregistreur universel et petit Laboratoire-meuble de physiologie* (Soc. Linnéenne de Lyon, XLIV, 8 pages). — DU BOIS-REYMOND. *Das Federmyographion* (Gesammte Abhandlungen, 1875, I, 271-283). — ELLIS (F.-W.). *Description of a simplified clockwork apparatus for graphic experiments* (Boston M. and S. J., 1887, CXVII, 57-58). — ENGELMANN (T.-W.). *Das Pantokymographion* (A. g. P., 1895, LX, 28-42, 2 pl.). — EPSTEIN (S.-S.). *Ueber ein neues Kymographion* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1896, 332-333). — FANO (J.). *Descrizione di un apparecchio registratore di ricerche cranometrice asseriate* (J. P., 1899, XXIII, supp., 104). — FECKER. *Registrirapparat mit Centrifugalpendel-Regulirung* (Zeitschr. f. Instr. Kunde, 1887, 171-173). — FICK. *Pendelmyographion* (Vierteljahrsschr. der Nat. Ges. in Zurich, 1862, VII, 307-320). — *Mechan. Arbeit und Wärmeentw. bei der Muskeln.*, Leipzig, 1882, 95-100. — FRANCK (FR.). *Notes de technique opératoire et graphique pour l'étude du cœur mis à nu chez les mammifères* (A. de P., 1892, IV, 105-118). — GALANTE (E.) et FRANCK (FRANÇOIS). *Nouvel enregistreur à bande sans fin avec enfumage et vernissage automatiques* (Ibid., 1894, VI, 749-751). — GERLAND (E.). *Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1888, 255-256). — HADDAN (H.-J.). *Registrirapparat* (Ibid., 1888, 299). — HANKEL (W.). *Ueber einen Apparat zur Messung sehr kleiner Zeiträume* (Ak. Sächs., 1866, 46-74). — HARLESS. *Zur inneren Mechanik der Muskelzuckung und Beschreibung des Atwood'schen Myographion* (Sitzungsberichte der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften, München, 1860, 625-634). — HECKER (O.). *Untersuchung von Horizontalpendel-Apparatus* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1899, 261-269). — HELMHOLTZ. *Myographion* (A. P., 1850, 276; 1852, 199). — HEYNSIUS (A.). *En algemeene registreertoestel* (Arch. néerland. d. Sc. exactes, 1869. IV). — HÜRTLE (K.). *Beiträge zur Hämodynamik* : 4^e Abth. 1. *Ueber eine neue form des Kymographions* (1-3); 2. *Ueber eine Vorrichtung zum feineren gleichmässigen Berussen des Papiers* (A. g. P., 1890, XLVII, 1-17). — JENDRÁSSIK (J.). *Erster Beitrag zur Analyse der Zuckungswelle der quergestreiften Muskelfaser* : *Fall-Myographion* (A. P., 1874, 513-597); — *Das selbst registr. Fallmyographion*, An. in *Hofmann's Jahresbericht*, 1881). — KRONECKER. *Elektromyographion* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1889, 248; Z. B., 1886, v, 285-290). — LA COUR (P.). *Neuerungen an elektrischen Regulatoren zur Erzeugung synchroner Bewegungen* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1883, 260). — LUMIÈRE (A. et L.). *Nouvel enregistreur pour les inscriptions continues* (C. R., 1900, CXXX, 1340-1342, 1 fig.; B. B.,

1900, LII, 497-500, 1 fig.). — MAGNUS (R.). *Ein neues Kymographion für länger dauernde Versuche* (C. P., 1902, XVI, 377-379). — MARES (F.). *Ein neues Federmyographion* (C. P., 1891, V, 838). — MAREY. *Études graphiques sur la nature de la contraction musculaire* (J. de l'Anat. et de la Phys., 1866, 224-242; 402-416). — MENDELSSOHN. *Recherches cliniques sur la période d'excitation latente dans différentes maladies nerveuses* (A. de P., 1880, 193-225; *Travaux du Labor. de Marey*, 1880, IV, 141-143). — MORAT. *Nouvel enregistreur* (A. de P., Paris, 1892, 534-540). — NOACK (K.). *Rotirende Trommel* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1895, 31). — OEHMKE (W.). *Kymographion à moteur électrique* (Ibid., 1889, 248). — PORTER (W.-T.). *New Kymograph* (Amer. J. of Phys., 1903, VIII, n° 5). — PUTNAM (J.-J.). *Description of a modified pendulummyograph* (J. P., 1879, II, 206-208). — REICHERT (E.-T.). *Two new Kymographions and a time-recorder* (Phil. M. Times, 1881-1882, XII, 267-273). — ROSENTHAL. *Ueber ein neues Myographion* (Ak. Erlangen, 6 juin 1876). — ROSENTHAL (J.). *Ueber ein neues Myographion und einige mit demselben angestellte Versuche* (Das Kreiselmvographion) (A. P., 1883, Supp., 240-279). — ROUSSY. *Grand enregistreur polygraphique pour inscriptions de longues durées* (B. B., 1898, 1197-1204); — *Grand enregistreur polygraphique à mouvement réversible, pour inscriptions de courtes et de moyennes durées, avec styles secs ou styles à encre, sur papier fumé ou non fumé* (B. B., 1899, 118-120); — *Dérouleur-enrouleur à mouvement réversible, permettant l'étude des courbes sur de grandes étendues* (B. B., 1899, 64-65). — SANFORD (E.-C.). *A new pendulum chronograph* (Am. J. Psychol., 1892-1893, V, 385-389). — SCHÄFER. *A simple electric chronograph* (Lond. Physiol. Labor., 1887, 6). — SEWALL (H.). *On the effect of two succeeding stimuli upon muscular contraction* (Pendulum-myograph) (J. P., 1879, II, 164-190). — SMITH (FR.-J.). *Neuer elektrischer chronograph* (Phil. Mag., 1890, V, 377 et Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1898, 366-367). — STRAUB (W.). *Ein neues Kymographion mit Antrieb durch Elektromotor* (A. g. P., 1900, LXXXI, 10/12, 574). — THIRY (L.). *Ueber ein neues Myographion* (Zeitsch. f. ration. Medicin., 1864, XXI, 300-306, 1 pl.). — VALENTIN. *Physiologische Pathologie der Nerven*, Leipzig, 1864, 86. — V. VINTSCHGAU (M.) et DIETL (M.). *Ein Cylinder-Feder-Myographion* (A. g. P., 1881, XXV, 112-128, 2 pl.). — VOLKMANN (A.-W.). *Ueber das Zustandekommen Muskelcontractionen im Verlaufe der Zeit* (Sächs. Ak., 1851, 1-5, 55-61). — WESTIEN (H.). *Myographion* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1887, 54). — WILDERMANN (M.) et MOND (R.-L.). *Neuerungen an Chronographen* (Ibid., 1889, 119). — WILKINS. *New Kymograph* (Montreal gen. Hosp. Rep., 1880, I, 193-199, 2 pl.). — WUNDT. *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven*, Erlangen, 1871, I, 7-11).

Technique spéciale. — BINET (A.) et COURTIER. *Note sur la mesure de la vitesse des mouvements graphiques* (B. B., 1893, 219-220); — *Note sur un stylet à encre d'un modèle nouveau, pouvant être employé dans la méthode graphique* (B. B., 1895, XLVII, 212). — DEPREZ (M.). *Enregistreurs électromagnétiques* (J. de Physique, 1876, V, 5-9). — FICK (A.). *Ueber die Aenderung der Elasticität des Muskels während der Zuckung* (A. g. P., 1871, IV, 301-315). — GRASHEY. *Zeitentheilung der sphymographischen Curven mittelst Funkeninductor* (A. A. P., 1875, LXII, 530-537, 1 pl.). — LANGENDORFF (O.). *Ein Verfahren zur Anstellung physiologischen Zeitmessungen* (Bresl. aerztl. Ztschr., 1879, I, 137-139). — NEWELL-MARTIN (H.-A.). *Self feeding chronograph pen* (Physiolog. Papers, Baltimore, 1895, 189-192). — REINHERTZ (C.). *Ein neues Stativ von M. Wolz in Bonn* (Zeitschrift. f. Instr. Kunde, 1887, 402-403). — SCHULTZ (P.). *Ueber die Einfluss der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit der längestreiften Muskeln der Wirbelthiere* (A. P., 1897, 1-28). — SMITH (FR.-J.). *An instrument for measuring chronograph traces* (Philos. Magazine, 1892, XXXII, 126-127). — WESTIEN (H.). *Eine neue Schreibfeder zum Aufzeichnen genauer und feinsten Curven* (A. g. P., 1881, XXVI, 571-573).

Transmission par l'air. — BLIX (MAGNUS). *Neue Registrirapparate. Schreibapparate für Luftübertragung* (A. g. P., 1902, XC, 417-420). — BRODIE (T.-G.). *On recording variations in volume by air-transmission. A new form of volume-recorder* (J. P., 1902, XXVII, 473-487). — COOP (SILVIO). *Nouveau polygraphe clinique muni de métronome et de petits tambours inscripteurs très sensibles* (A. de P., 1896, 509-513). — ELLIS (F.-W.). *Description of a piston recorder for air connections* (J. P., 1886, VII, 309-313, 1 pl.): — *The liquid piston recorder and the representation of its movements by means of photography* (J. P., VII, 314-315). — FRANCK (FR.). *Applications de la méthode des ampoules conjuguées à l'étude de la pression intra-cardiaque artérielle et veineuse, à la recherche de la force maxima du cœur et à l'examen*

des effets de la contractilité bronchique (A. de P., 1893, v, 83-92). — GROUX (E.). *Fissura sterni congenita. New observations and experiments, made in America and Great Britain, with illustrations of the case and instruments*, Hamburg, 2^e édit., 1859. — JOHANSSON (J.-E.) et TIGERSTEDT. *Ueber die gegenseitigen Beziehungen des Herzens und der Gefäße* (Skand. Arch. f. Phys., 1889, I, 330-402). — LOMBARD (W.-P.). *Recording apparatus* (Cong. périod. intern. d. Sc. Méd., 1884, Copenhague, 1886, I, 413). — LOMBARD (W.-P.) et PILLSBURG (W.-B.). *A new form of piston recorder and some of the changes of the volume of the finger which it records* (Am. J. of Phys., 1899, III, 186-200). — RENÉ (A.). *Modification au tambour à levier de Marey; tambour à levier rectifiable* (B. B., 1887, 177-181). — ROUSSY. *Tambour à encrier inscripteur équilibré* (B. B., 1899, 62-64). — ROY (C.-S.). *The form of the pulse-wave, as studied in the carotid of the rabbit* (J. P., 1879-1880, II, 66-81). — SCHAFER (E.-A.). *The piston-recorder; an apparatus for recording and measuring the changes of volume of the contracting frog's heart* (J. P., 1884, v, 130-131, 1 pl.).

Chronographie. — D'ARSONVAL. *Chronomètre à embrayage magnétique pour la mesure directe des phénomènes de courte durée (d'une seconde à 1/500 de seconde)* (B. B., 1886, 235-236). — BAILLAUD (B.). *Notions générales sur les instruments servant à mesurer le temps* (J. de Physique, 1893, II, 3^e sér., 49-63). — BARUS (C.). *Benutzung eines gewöhnlichen Pendels zur Zeitangabe beim Chronographen* (The Amer. J. of Sc., 1894, XLVIII, 396; Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1895, 151-152). — BERGET (A.). *Enregistrement microphonique de la marche des chronomètres* (C. R., 1899, CXXIX, 712-713). — BERGSTRÖM (J.-A.). *A type of pendulum chronoscope and attention apparatus* (Psychol. Rev., 1900, VII, 483-489, 2 fig.). — v. BEZOLD. *Untersuchungen über die elektrische Erregung*, (A. P., 1861, 45-49). — CATTEL (J. M^k). *Chronoscop und Chronograph* (Wundt's philos. Studien, 1893, IX, 307-310). — DEPREZ (M.). *Recherches sur l'étincelle d'induction et les électro-aimants. Application aux chronographes électriques* (J. de Physique, 1875, IV, 39-42); — *Chronographe* (L'Électricien, 1883, 449-499; Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1883, 397-398). — DODGE (R.). *Beschreibung eines Chronographen* (Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., 1896, 414, et C. P., 1896, X, 287). — ETTINGSHAUSEN (A.). *Etude sur les appareils enregistreurs à diapason* (Ann. de Poggendorff, 1875, CLVI, 337). — EWALD (J.-R.). *Technische Hilfsmittel zu physiologischen Untersuchungen, durch einen Luft- oder Wasserstrom bewegte Stimmgabeln* (A. g. P., 1888-1889, XLIV, 555-560). — FITZ (G.-W.). *A new chronoscope* (Proc. Am. Physiol. Soc., 1898-1899, 6). — v. FLEISCHL v. MARKOW (E.). *Das Chronautographium* (A. E. P., 1883, 131-133; in Ges. Abhandl., in-8, Leipzig, 1893, 498-500). — FREDERICQ. *Théodore Schwann, sa vie et ses travaux*, Liège, 1884, 38 (Inscription des mouvements du diapason sous les traces). — GROSSMANN (M.). *Die Mittel für die Registrirung von Zeit-Beobachtungen* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1882, 223). — GELEIGH (E.). *Ueber neuere Chronometrieruntersuchungen* (Ibid., 1893, 343-350). — GRUNMACH. *Zungenpfeifenchronograph; in KRONACKER. Vorrichtungen, welche im physiologischen Institut zu Bern bewährt sind*, 236-250 (Ibid., 1889 238-239). — GRÜTZNER (P.). *Ein einfacher Zeitmarkirungsapparat* (A. g. P., 1887, XLI, 290-293). — GUILLET (A.). *Sur un mode d'entretien du pendule* (C. R., 1898, CXXVII, 94-97). — GUILLET (A. et V.). *Nouveaux modes d'entretien des diapasons* (C. R., 1900, CXXX, 1002). — HUET (E.). *Quelques modifications au métronome interrupteur-inverseur du docteur Bergonié* (Rev. d'hyg. therap., Paris, 1896, VIII, 14). — HÜRTHLE (K.). *Eine Vorrichtung zur Registrirung von Stimmgabelschwingungen* (A. g. P., 1898, LXXII, 580-583). — JÄGER (CH.-L.). *Elektrische Registrirvorrichtung* (Zeitschrift f. Instr. Kunde., 1893, 435). — JAQUET (A.). *Studien über graphische Zeitregistrirung* (Z. B., 1891, X, 1-38); — *Ueber die Verwendung des Tachenuhrmechanismus für präzise Zeitregistrirung* (C. P., 1890, IV, 602-605). — JUNGHANS. *Rotationspendel mit Verstellvorrichtung zur Veränderung des Trägheitsmomentes*, (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1885, 371). — KLEMENSIEWICZ (R.). *Ueber den Einfluss der Athembewegung auf die Form des Pulscurven beim Menschen* (Ak. W. (3), LXXIV, 1876, 1-74; Der Transmissionschronograph, 9-12). — KNIPP (C.-T.). *Neue Form eines Pendelkontaktes* (Am. J. of Sc., 1898, v, 283; Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1898, 383). — LIPPMANN (G.). *Sur l'entretien du mouvement du pendule sans perturbation* (J. de Physique, 1896, (3), 429-434). — MAREY. *Note sur un nouveau chronographe* (J. de Physique, 1874, III, 137-139). — MERCADIER. *Électro-diapason à mouvement continu* (J. de Physique, 1873, II, 350-355). — MEYER. *Registrirung der Secundenschläge einer Pendeluhr mittels des Mikrophons* (L'Électricien, 1882, n^o 20; Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1882, 192-193). — PALMER

(G.-F.). *New form of pendulum contact clock* (J. P., 1900, XI-XII, fig.). — PLANTÉ (G.). *Gravure sur verre par l'électricité* (J. de Physique, 1878, VII, 273-274). — SCHAIK (W.-C.). *Ueber die Pendeluhr Galilèi's* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1887, 350-354). — SMITH (F.-J.). *Méthode pour éliminer des mesures chronographiques l'effet perturbateur des styles électromagnétiques* (Philosophical Magazine, 1890, 5^e sér., XXX, 160). — SIGALAS (C.). *Dispositif simple pour la chronographie* (Gaz. hebd. d. sc. méd. de Bordeaux, 1900, XXI, 303-304, 2 fig.). — VALENTIN. *Grundriss der Physiologie*. Braunschweig, 1855, 5^e Auflage, 533-536. — VERDIN. *Métronome interrupteur* (B. B., 1886, 117-118). — WUNDT (W.). *Chronograph und Chronoscop* (Notiz zu einer Bemerkung J. M. Cattel's; Wundt's philos. Studien, 1892, VIII, 653-654). — YEO (G.-F.). *On the normal duration and significance of the « Latent-period of excitation » in Musclecontraction* (J. P., 1888, IX, 396-453). — YOUNG (THOMAS). *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*, London, 1807, I, 191.

Correction des courbes. — HÄLLSTEN (K.). *Analys af muskelkurvor* (Fortsättning) (Acta Societatis Scientiar. fenn., XXIV, 1897, 69 pag.). — KLERITZ (L.). *Präzisions-Kurvenrektifikator* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1902, 311-314). — OUMOFF (N.). *Méthode de Ludimar Hermann pour l'analyse des courbes périodiques* (Le Physiologiste russe, Moscou, 52-54). — RUNNE. *Curvenanalysator* (A. g. P., 1896, LXIV, 522). — SMITH (F.-J.). *Instrument pour la mesure des tracés chronographiques* (Philosophical Magazine, 1891, 5^e sér., XXXII, 126). — WEISS (G.). *Analyse d'une courbe périodique par le procédé de Ludimar Hermann* (J. de Physique, 1898, VII, 141-144).

Fixation et reproduction. — BLEIBTREU (L.). *Zweckmässiges Verfahren zur Fixation sphymographischer Curven auf berusstem Papier* (Berliner klin. Wochenschrift, 1892, II^e 52). — FRANCK (FRANÇOIS). *Procédés pour obtenir rapidement et d'une manière économique sur verre ou sur gélatine des dessins destinés aux démonstrations par projection* (B. B., 1881, 82). — FRANK (O.). *Die Vielverelfältigung von Curven auf photomechanischem Wege* (A. P., 1894, 128-129; C. P., 1894, VIII, 564). — HÜRTLE (K.). *Beiträge zur Hämodynamik*, 4^e Abth. 1^o *Ueber eine neue form des Kymographions*; 2^o *Ueber eine Vorrichtung zum feineren gleichmässigen Berussen des Papiers* (A. g. P., 1890, XLVII, 1-17). — LABORDE. *Note sur la photographie appliquée à la reproduction des graphiques faits par la méthode de projection à la lumière électrique* (B. B., 1882, 113-114). — RICHARDSON (B.-W.). *Solution for fixing sphymograms* (Asclepiad, Lond., 1886, III, 360). — STUART (T.-P.-A.). *A method by which accurate drawings may be made by amateurs* (J. Anat. and Physiol., Lond., 1890-1891, XXV, 300).

Chronophotographie. — ACH (N.). *Apparat zur photographischen Registrirung senkrechter Schiftsbewegungen* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1899, 309-312). — ALBRECHT (TH.). *Vergleichung der optischen und der photographischen Beobachtungsmethode zur Bestimmung der Breitenvariation* (Königl. Preuss. Geod. Instr., Oktbr., 1896; Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1897, 22-23). — ANSCHÜTZ. *Physiologie artistique*, Paris, 1890, Soc. des Éditions scientifiques. — BULL (L.). *Application de l'étincelle électrique à la chronophotographie des mouvements rapides* (C. R., 21 mars 1904). — CORNU (A.). *La photographie céleste* (Rev. gén. d. Sc., 1892, 315-355). — DEMENY (G.). *Sur la chronophotographie* (Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, IV, 30 pag.). — DICKSON (W.-K.-L.). *The Kinetograph, the Kinetoscope and the Kinetophonograph* (Photographic Times, janvier 1895, New-York). — EDER (J.-M.). *La photographie instantanée*, 1888, Paris, Gauthier-Villars, 221 pages. — ELKIN (W.-L.). *Instrument zur photographischen Aufnahme von Meteoron* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1895, 74; Astronomy and Astro-Physics, 1894, 626). — ELLIS (F.-W.). *The liquid piston recorder and the registration of its movements by means of photography* (J. P., 1886, VII, 314-315). — FOL (H.). *Sur un appareil photographique destiné à prendre des poses d'animaux en mouvement* (Archives des Sc. physiques et naturelles, 1884, XI, 517 et s.). — FRANCK (O.). *Eine Vorrichtung zur photographischen Registrirung von Bewegungsvorgängen* (Z. B., XXIII, 295-302, 2 fig.). — GASTINE (L.). *La chronophotographie*, 1892, Paris, 172 pag. — GÉRARD (E.). *Ueber eine neue photographische Registrirmethode* (Revue intern. de l'Electr., 1889, 24; Zeitschr. f. Instr. Kunde, 1889, 183); — *Process of Plotting Curves by the aid of Photography* (Philosophical Magazine, 1890, 6^e sér., XXIX, 180-182). — HARTMANN (J.). *Apparat und Methode zur photographischen Messung von Flächenhelligkeiten* (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1899, 97-103). — HERMANN (L.). *Phonophotographische Untersuchungen* (A. g. P., 1889, XLV, 582-592); — *Ueber automatisch-photo-*

graphische Registrirung sehr langsamer Veränderungen (Festschr. d. nat. Ges. in Zürich, 1896, II, 538-546). — JANSSEN (J.). Présentation d'un spécimen de photographies d'un passage artificiel de Vénus obtenu avec le revolver photographique (C. R., LXXIX, 6 juillet 1874); — Note sur le principe d'un nouveau revolver photographique (C. R., 1882, xciv, 909-911). — KNOFF (OTTO). Der Photochronograph des Georgetown College Observatory (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1892, 242); — Der Photochronograph in seiner Anwendung zu Polhöhenbestimmungen (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1893, 150-154). — KÖHLER (R.). Application de la photographie aux Sciences naturelles, Encyclop. Aide-Mémoire, Paris, 1893. — KOHLRAUSCH (E.). Photographischer Apparat für Serienaufnahmen (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1891, 454). — VON LENDENFELD (R.). Beitrag zum Studium des Fluges der Insekten mit Hilfe der Moment-photographie (Biol. Cbl., 1903, xxiii, 227-232). — LUMIÈRE (A. et L.). Le cinématographe (Revue gén. des Sc., 1895, 633); — Cinématographe-Type, Lyon, 1901, 36 pag. — MACH (L.). Ueber das Princip der Zeitverkürzung in der Serienphotographie (Photographischer Rundschau, 1893, IV, 1-8). — MAREY (E. I.). La photochronographie et ses applications à l'analyse des phénomènes physiologiques (A. de P., Paris, 1889, I, 508-517); — La chronophotographie (Rev. génér. des Sc., 1891, 689-719); — (C. R., 7 août 1882, 12 sept. 1887; 1891, cxiii, 216; 8 octobre 1892); — (Ann. du Conserv. des Arts et Métiers, 29 janv. 1899); — Appareil photochronographique applicable à toutes sortes de mouvements (C. R., 1890, cxI, 626-629); — La chronophotographie appliquée à l'étude des actes musculaires dans la locomotion (C. R., 1898, cxvI, 1467-1479); — Nouveaux développements de la chronophotographie (Revue des travaux scientifiques, 1897, Paris); — Les applications de la chronophotographie à la physiologie expérimentale (Congr. Moscou, 1893; Rev. scient., Paris, 1893, LI, 321-327); — Nouveaux développements de la méthode graphique par la chronophotographie (Rev. scient., Paris, 1900 (4), xiv, 257-263). — MOROKHOWETZ (L.), SAMOJLOFF (A.) et JUDIN (A.). Die Chronophotographie in physiologischen Institute der K. Universität in Moskau, 1900, Moskau. — MOROKHOWETZ (L.). Die Chronophotographie, Moskau, 1900, 1-10. — OLIVIER (L.). La photographie du mouvement (Rev. scient., 1882, xxx, 802-811). — ONIMUS et MARTIN (A.). Études critiques sur les mouvements du cœur (J. de l'Anat. et de la Phys., 1865). — RAGOZIN (L.-F.). Nouvelle méthode d'investigation graphique (Med. Vestnik., 1879, xix, 175-177, 1 tab.). — VON RAPS (AUG.). Präzisions-Registririnstrumente (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1894, 1-6); — Einrichtung zum selbstthätigen Aufzeichnen von Zeit und Werthbestimmungslinien bei einer Vorrichtung zur selbstthätigen photographischen Registrirung der Zeigerstellung von Messinstrumenten (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1895, 37). — SAINT-GEORGE (A.-F.). Photographischer Registrir-apparat für telephonische Uebertragung (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1884, 402). — SIMON (TH.). Ueber ein neues photographisches Photometrirverfahren und seine Anwendung auf Photometrie des ultravioletten Spektralgebietes (ibid., 1898, 26-28). — SIMON (S.). Moment- und Zeitverschluss für photographische Apparate (ibid., 1890, 101). — SPRUNG (A.). Ueber den photogrammetrischen Wolkenautomaten und seine Justirung (ibid., 1899, 111-118, 129-137). — STEIN (SIG.-TH.). Die Lichtbildkunst im Dienste der naturwissenschaftlichen Forschung, 1877 (50^e Versammlung deutscher Nat. und Aerzte zu München, Stuttgart, VIII, 19 sept. 1877). — TEISSERENC DE BORT. Théodolite photographique présenté à l'Association française de Photographie, 1895. — VOLKMER (OTTOMAR). Die chronophotographische Aufnahme, Wien, 1897. — WALKER. Photographischer Registrirapparat (Elektrical World, 1894, xv, 15). — WEISS (G.). Expériences de chronophotographie microscopique (B. B., 1896, 645-646). — WILD (H.). Ueber die Benutzung des elektrischen Glühlichtes für photographischselbstregistrirende Apparate (Zeitschrift f. Instr. Kunde, 1891, 411-412). — WILLMANN. The horse in motion, as shown by instantaneous Photography, in-4, London, 1882, Turner and Co. — WERDEN (H.-C. VAN). De Moment-Fotografie (Natuur, 1888.)

TROISIÈME PARTIE¹

La Méthode graphique en Physiologie.

I

PRESSION SANGUINE

La mesure de la pression artérielle est un problème posé depuis longtemps. Peu de temps après la découverte de la circulation du sang, par HARVEY, on commença à se préoccuper de la mesure de la quantité de mouvement dont le sang devait être animé dans le système compliqué des canaux sanguins. Pour résoudre ce problème, on commença par appliquer les lois de l'hydraulique et des formules mathématiques, plus ou moins bien adaptées aux données de l'anatomie. En procédant de la sorte, BORELLI était arrivé à cette conclusion étrange que l'effort opéré par le cœur, à chacune de ses systoles, devait être égal à celui qui est nécessaire pour soulever un poids de 180 000 livres.

En 1733, la méthode expérimentale fut appliquée pour la première fois à l'étude de la pression sanguine par HALES, qui imagina d'introduire dans l'artère crurale un long tube de verre. La pression artérielle était mesurée par la hauteur à laquelle le sang s'élevait dans le tube. Les dimensions de l'appareil de HALES en rendaient l'usage difficile. Aussi ce fut un grand progrès que l'idée qu'eut POISEUILLE, en 1829, de substituer au tube droit un tube en U contenant du mercure. L'appareil de POISEUILLE, appelé *hémodynamomètre*, qui n'est en définitif qu'un manomètre ordinaire appliqué à l'étude de la pression du sang, devint un appareil d'un usage courant dans les laboratoires.

L'appareil de POISEUILLE fut modifié de la façon suivante par GUETTET : Une large cuvette remplie de mercure communique d'une part avec un tube rempli d'une solution alcaline qui s'engage dans l'artère, et d'autre part avec un tube vertical dans lequel oscille le mercure. Les oscillations du mercure dans cet appareil, qui possède un zéro à peu près constant, sont deux fois plus étendues que dans l'appareil de POISEUILLE où le changement de niveau d'une des branches n'exprime que la moitié de la pression qui agit sur l'instrument.

MAGENDIE et CL. BERNARD ont employé, avec le nom de *cardiomètre* ou d'*hémomètre*, l'appareil de GUETTET.

En 1847, LUDWIG plaça sur la surface du mercure d'un manomètre de POISEUILLE un flotteur muni d'une plume inscrivante. Cette plume traçait les mouvements de la colonne mercurielle sur la surface d'un cylindre enregistreur placé verticalement.

Cet appareil enregistreur de la pression sanguine, et qui n'est en réalité qu'une modification du manomètre enregistreur de JAMES WATT, est le premier enregistreur employé en physiologie. Cet appareil fut appelé par LUDWIG : *kymographion* (κύμα = onde; γράφειν).

À côté des manomètres à mercure ou à eau, nous trouvons les manomètres élastiques dont l'usage devient de plus en plus fréquent. La forme de ces appareils diffère beaucoup selon la façon dont on désire étudier la pression sanguine. Les appareils qui peuvent être mis en communication directe avec le sang du système artériel ont une autre forme que les appareils destinés à étudier la pression à travers la paroi artérielle non ouverte ou à travers la paroi artérielle et les tissus qui la recouvrent. Nous commencerons par décrire les appareils appartenant à la première catégorie.

1. L'application de la méthode graphique à l'étude des phénomènes mécaniques et physiques, en général, ne pouvant trouver sa place dans notre article, nous renvoyons les lecteurs que ces questions intéressent à notre livre : *La Méthode graphique*, qui paraîtra prochainement.

§ I. — *Mesure de la pression à l'intérieur des vaisseaux sanguins.*
Hémomanomètres enregistreurs.

Pour mesurer la pression sanguine, on emploie deux sortes de manomètres : des manomètres à colonne liquide et des manomètres à membrane élastique.

A. Manomètres enregistreurs à colonnes liquides (à mercure ou à eau). — Ces appareils, qu'on pourrait appeler *hémomanométrographes*, permettent d'enregistrer la pression sanguine soit d'une façon directe, au moyen d'une plume fixée au flotteur, soit à distance, au moyen de la transmission à air ou bien au moyen de l'enregistrement électrique, soit enfin au moyen de l'enregistrement photographique.

Quand il s'agit d'étudier des pressions faibles, comme la pression du sang dans les veines, on emploie des appareils dans lesquels l'eau remplace le mercure.

I. Hémomanométrographes directs.

1. Voici la description d'un appareil de LUDWIG tel qu'il se trouve dans les laboratoires.

Sur une planchette verticale se trouve fixé un tube de verre en U rempli, jusqu'à une certaine hauteur, avec du mercure. Une des branches du manomètre présente une extrémité coudée munie d'un robinet : c'est la branche qui sera mise en communication avec l'artère. Dans l'autre branche du manomètre se trouve une tige appelée *flotteur*, parce qu'elle flotte sur la surface du mercure. L'extrémité inférieure de cette tige est renflée ; son extrémité supérieure porte une plume inscrivante ou un pinceau. Pour assurer le contact du pinceau avec la surface enregistrante, le flotteur est guidé par un fil de plomb ou par un archet muni d'un crin. Le flotteur doit être assez fort, rigide, et pourtant léger pour qu'il n'enfoncé pas au-dessous de la surface du mercure. On le fait généralement en aluminium ; son extrémité renflée est en ivoire.

Quand la pression du sang agit sur le mercure, le mercure descend dans la branche qui est en communication avec l'artère et monte dans l'autre branche. La mesure de la pression est donnée par la différence de niveau entre les surfaces de mercure contenues dans les deux branches du manomètre. Le flotteur suivant les mouvements de la colonne mercurielle, la plume tracera sur la surface enregistrante la courbe des variations de pression du sang. La ligne du zéro de pression est tracée par la plume quand les surfaces mercurielles sont au même niveau dans les deux branches du manomètre. Sur la planchette-support, il y a une échelle millimétrique qui permet la lecture de la hauteur de la colonne mercurielle. Naturellement, la hauteur de la courbe de pression au-dessus de la ligne du zéro n'exprime que la moitié de la pression réelle, car elle représente seulement l'ascension de la colonne mercurielle dans une branche de manomètre. Pour avoir donc la valeur réelle de la pression, il faut multiplier par deux la hauteur de la courbe de pression.

Quand les variations de pression qu'on veut étudier sont très faibles, on amplifie les mouvements du flotteur en le faisant agir sur un levier qui porte la plume inscrivante. On varie l'amplification en attachant le flotteur plus ou moins près de l'axe de mouvement du levier.

Le manomètre de TRAUBE-CYON se compose de deux tubes qui s'ouvrent à leur partie inférieure dans une boîte en acier. Cette boîte présente une ouverture d'écoulement qui permet de vider et de nettoyer l'appareil. Le flotteur est formé par une tige d'ivoire en forme de fuseau ; son extrémité inférieure est entourée d'une gaine en caoutchouc dont les bords inférieurs reposent sur la surface du ménisque de mercure. Au-dessus de la tige d'ivoire, il y a une tige d'acier qui porte soit une plume à encre, soit un fil de verre coudé pour l'inscription sur une surface noircie au noir de fumée. Une petite capsule percée, placée à l'extrémité supérieure du tube, sert de guide au flotteur. Un fil de cocon, ou un cheveu tendu par un poids, appuie la plume sur la surface enregistrante. On emploie dans ce but un fil de verre creux avec un bout inférieur plein. Le cheveu ou le fil de verre se trouve accroché à un support métallique qui fait partie de l'instrument.

Le manomètre de FRANÇOIS-FRANCK (1878) présente une constance absolue du zéro,

grâce à la mobilité du manomètre le long de l'échelle graduée. Cette mobilité est obtenue au moyen d'un érou qui produit l'abaissement ou l'élévation de la pièce qui supporte le manomètre. De cette façon, soit qu'on renouvelle le mercure, soit qu'un accident en amène la sortie, le zéro du manomètre ne change pas.

Le dispositif, formé par un fil tendu par un poids, qui était employé dans les autres manomètres pour appuyer la plume sur la surface enregistreuse, étant mauvais, FR.-FRANCK l'a remplacé par un cheveu tendu entre deux points fixes et maintenu par un fil de caoutchouc. Le procédé ancien est mauvais, parce que la pression exercée sur la plume n'est pas toujours la même pour toutes les positions du flotteur. De plus, le fil tendu par un poids présente des oscillations qui se transmettent à la plume du manomètre.

Le flotteur est formé par une tige d'aluminium ou d'acier terminée en bas par un renflement biconique de caoutchouc durci qui se visse. En haut de la tige, un disque avec un orifice central, ou un triangle formé par un crin, sert de guide au flotteur.

L'appareil est mobile autour de son axe vertical au moyen de la rotation d'un disque sur un autre. Cette rotation permet d'appliquer facilement la plume écrivante sur le papier.

Le tube manométrique est constitué par un tube en U dont la courte branche est munie d'un réservoir sphéroïdal, de façon que les changements de niveau dans la longue branche correspondent à la valeur réelle des changements de la pression, comme dans le manomètre de GUETTET.

FRANÇOIS-FRANCK a ajouté de nouvelles modifications à celles qu'il avait apportées au manomètre de 1878. Ainsi il assure le contact permanent du mercure et du flotteur par un peu de glycérine et une légère charge de mercure. Il a aussi réuni sur le même bâti deux manomètres servant à mesurer deux pressions.

Le manomètre de LUDWIG présente de grandes oscillations; pour diminuer ces oscillations et pour avoir la pression moyenne, MAREY a construit un appareil qu'il a appelé *manomètre compensateur*. Cet appareil est un manomètre pareil à celui de GUETTET, présentant une colonne large d'environ 3 millimètres séparée du flacon de mercure par un tube capillaire assez fin. Cette étroitesse empêche la colonne mercurielle d'osciller sous l'influence des variations cardiaques de la pression du sang; aussi voit-on le mercure rester sensiblement fixe

au niveau qui exprime la valeur moyenne de la pression dans les artères.

SETSCHENOW, pour obtenir le rétrécissement de la colonne mercurielle, indiqué par MAREY, a ajouté au kymographion de LUDWIG un robinet placé au bas du coude de verre formé par les deux branches de l'appareil. En tournant lentement ce robinet, on fait varier la lumière de cette partie du tube.

STUART emploie comme flotteur dans le manomètre une tige de verre avec un bulbe à son extrémité inférieure; à ce bulbe se trouve fixé au moyen d'un peu de cire à cacheter un petit tube en verre qui forme une sorte de collier; le bord tranchant de

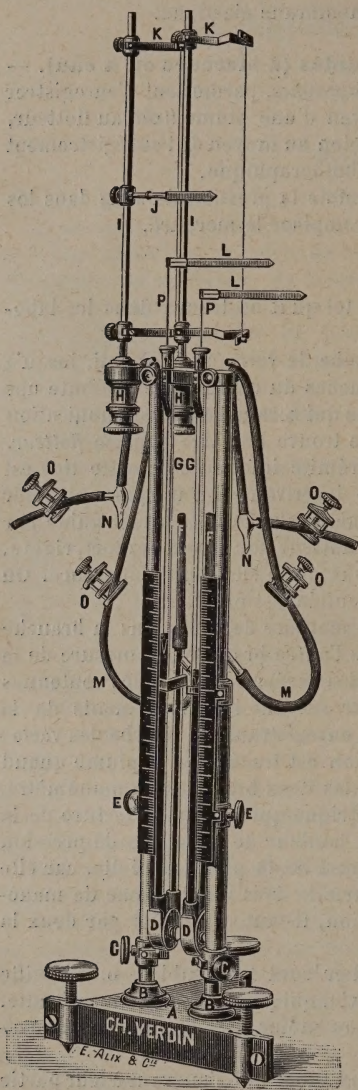


FIG. 131. — Manomètre de FRANÇOIS-FRANCK.

ce tube touche le mercure, de cette façon la tendance du mercure à monter sur le flotteur se trouve diminuée. Le poids de ce flotteur est de 1^{er},8 seulement, tandis que celui du flotteur du kymographion de LUDWIG est de 4^{er},4.

KLEMENSIEWICZ, dans ses recherches sur la pression du sang dans les veines, a employé aussi des manomètres à flotteur très léger formé par une tige creuse, fermée à ses deux bouts par des membranes en caoutchouc.

Les physiologistes se sont appliqués à diminuer non seulement le poids du flotteur, mais à réduire aussi la quantité de mercure mise en mouvement. Ainsi ROY utilise un tube manométrique de très faible diamètre intérieur. Dans son manomètre, l'anneau qui guide la tige du flotteur est placé au-dessus du point d'attache de la plume écrivante.

CHAUVEAU a fait construire un grand appareil de laboratoire pour lequel il se sert

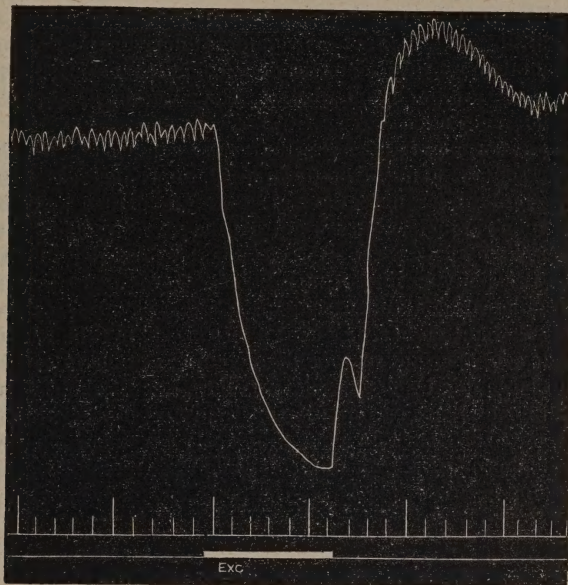


Fig. 132. — Tracé de la pression sanguine. Chute de la pression due à l'arrêt du cœur à la suite de l'excitation du nerf pneumogastrique.

du manomètre à flotteur. Celui-ci est muni d'un fil passant sur des poulies et tendu par un contrepoids. A un point du fil est placée une plume écrivante qui suit les mouvements du fil et par conséquent ceux du mercure. (Voir le schéma dans DOYON et MORAT. *Traité de Physiologie*, III, 138, fig. 71.)

2. La pression enregistrée par le manomètre n'est connue que grâce à la mesure de la distance qui sépare le tracé obtenu de la ligne du zéro de pression. Pour obtenir le tracé du zéro de pression, on procède de la façon suivante: La canule artérielle, qui relie l'artère au manomètre, au lieu d'être placée dans l'artère, est plongée dans un vase plein de liquide placé à la hauteur de l'artère dans l'intérieur de laquelle on veut connaître la pression. Le tracé enregistré par la plume du flotteur dans ces conditions représente l'abscisse ou la ligne de zéro de pression.

Quand il s'agit d'un enregistrement de pression fait sur papier sans fin, il suffit d'avoir l'indication de la position de l'abscisse au commencement et à la fin; en pliant le papier, et en le perçant à l'aide d'une épingle, on obtient la position de l'abscisse pour le restant du tracé.

3. Il est souvent intéressant de n'avoir que l'inscription de la pression maximum ou minimum dans le cœur. Dans ce but, on emploie un manomètre à maxima ou à minima.

Pour obtenir ces indications avec un manomètre ordinaire à mercure, GOLTZ et GAULE ont employé le dispositif suivant :

La sonde cardiaque est bifurquée ; avant d'arriver au manomètre à mercure, ces deux branches se réunissent en un seul tube. Sur une des branches de bifurcation se trouve placée une soupape. Si cette soupape est disposée de telle sorte qu'elle empêche la colonne mercurielle de tomber entre deux systoles, la masse de mercure s'élève à chaque systole jusqu'au niveau qui correspond à la plus haute pression atteinte dans le cœur au cours de l'expérience. Si, au contraire, la soupape est renversée, on ne peut plus enregistrer que le minimum de la pression qui existe dans le cœur. Le manomètre devient, dans ce cas, un manomètre à minimum alors qu'il était manomètre à maximum dans le premier cas.

Le manomètre à mercure n'est minimal ou maximal que si la branche de bifurcation sans soupape est fermée ; autrement, il fonctionne comme un manomètre ordinaire qui n'enregistre que la pression moyenne, car ses sommets supérieurs sont au-dessous de la pression maximum et ses sommets inférieurs au-dessus de la pression minimum. Ce phénomène est dû à l'inertie de la colonne mercurielle qui ne peut pas suivre rapidement des variations qui, dans le cœur du chien, sont égales à 150 ou 200 millimètres de mercure environ.

Le manomètre à *maxima* et *minima* de HÜRTLE se compose d'un tube recourbé à la partie inférieure, présentant dans sa petite branche un renflement et une soupape qui s'ouvre en bas, vers l'intérieur du renflement. Ce renflement a pour but d'assurer le contact intime du tube recourbé avec un autre tube placé au-dessus. Ce tube, qui est court, communique d'une part avec l'artère, et d'autre part, par sa partie supérieure, avec un tube long. Ces deux derniers tubes ne communiquent pas directement, mais par l'intermédiaire d'un tube étroit à soupape. Cette seconde soupape s'ouvre aussi comme la première de haut en bas. Les deux tubes longs, le tube recourbé et le tube qui coiffe la seconde soupape sont remplis de mercure ; le tube intermédiaire entre les deux soupapes, plus large que les deux premiers tubes, et qui communique avec l'artère, est à moitié rempli de mercure ; sa moitié supérieure est remplie d'une solution anticoagulante. L'extrémité inférieure du petit tube de la seconde soupape plonge dans le mercure. Il est facile de comprendre comment, quand la pression augmente, le mercure pénètre et monte dans le tube recourbé, et comment, quand la pression baisse, le mercure descend dans le second tube long qui coiffe la seconde soupape. Ce dernier tube indique les minima de la pression ; le tube recourbé, les maxima.

4. Quand il s'agit de faire l'étude de pressions très faibles, on emploie un manomètre à eau. Dans ce cas, le soulèvement de la colonne de liquide est environ 14 fois plus grand que le soulèvement de la colonne mercurielle, à cause de la différence de poids spécifique qui existe entre l'eau et le mercure (10 millimètres de mercure correspondent à 136 millimètres d'eau ; et inversement, 10 millimètres d'eau correspondent à 0,74 millimètres de mercure).

Le flotteur, dans le manomètre à eau, doit être extrêmement léger ; il est formé en général par un petit bouchon creux, en liège, paraffine ou caoutchouc avec une tige en fil de verre. Quand on emploie le liège, on le fait bouillir d'abord dans de la paraffine pour boucher les trous.

La plume inscrivante, formée par un brin de paille ou une épingle, est fixée perpendiculairement à la tige du flotteur. Un fil tendu la maintient appliquée à la surface enregistrante.

Le manomètre à eau de MILNE-MURRAY est composé d'un tube en U rempli en partie avec de l'eau. Le flotteur est fixé à un fil mince passant sur deux poulies et allant s'attacher à une plume inscrivante. Le poids de la plume suffit à tendre le fil. La quantité d'eau qui remplit le tube doit être en rapport avec la pression qu'on veut étudier.

Le manomètre enregistreur universel de LAULANÉ se compose d'un tube de verre en U contenant de l'eau. Dans l'une des branches du tube il y a un flotteur en bougie, dont l'extrémité supérieure est reliée avec un levier inscripteur par un fil qui passe sur une poulie.

5. Le volume du tube du manomètre n'est pas le même pour tous les animaux; il doit être en rapport avec la taille de l'animal sur lequel on expérimente, car un manomètre loge à son intérieur une quantité de sang proportionnelle à la section de sa colonne. De sorte que ce serait produire une véritable hémorragie que de prendre la pression artérielle d'un petit animal avec un manomètre de gros calibre.

II. Enregistrement de la pression sanguine au moyen de la transmission à air.

Le flotteur d'ivoire qui repose sur le mercure présente l'inconvénient de ne pas suivre toujours fidèlement les mouvements d'ascension et de descente du mercure. Parfois, il plonge dans le mercure à des degrés divers, d'où il résulte une cause de déformation des mouvements et une inscription infidèle des variations de la pression.

Le manomètre à flotteur présente de plus d'autres inconvénients d'un autre ordre : par exemple, il exige l'emploi d'une surface enregistrante verticale placée tout près du manomètre; il est un appareil encombrant quand on veut faire des inscriptions multiples.

On peut facilement éviter ces inconvénients en employant la transmission à air. Pour cela, on introduit le tube du manomètre, sans flotteur, dans un tuyau de caoutchouc qui se rend à un tambour à air inscripteur. C'est MAREY, le premier, qui employa ce dispositif. On comprend facilement comment il fonctionne : le déplacement du mercure fait l'office d'un piston qui foulerait ou aspirerait l'air du tube manométrique jusque dans le tambour à levier.

Il est préférable de remplacer le tambour à air par un piston-recorder, car les mouvements du piston sont proportionnels aux mouvements de la colonne mercurielle.

L'inscription par la transmission à air permet d'inscrire sur n'importe quelle surface enregistrante, à quelque distance que ce soit, et de disposer comme l'on voudra les appareils dont on veut enregistrer simultanément les mouvements. Naturellement, elle ne peut s'appliquer que dans les cas où il s'agit de faibles déplacements de la colonne mercurielle.

L'inscription par la transmission à air est d'autant plus sensible que la colonne de mercure a un plus grand diamètre; dans ce cas, les mouvements du mercure déplacent une plus grande quantité d'air, ce qui provoque des mouvements de déplacement d'autant plus forts.

III. Hémomanomètres enregistreurs électriques.

L'électricité a été employée aussi comme moyen de transmission pour faire à distance l'inscription des oscillations de la pression sanguine.

Ainsi, le *kymographion télégraphique* de KRONECKER (1881) inscrit à n'importe quelle distance le nombre des millimètres parcourus par la colonne mercurielle d'un manomètre, en montant ou en descendant. Pour cela, la tige du flotteur est disposée de telle façon qu'à chaque parcours d'un millimètre il y a une rupture de courant électrique. Chacune de ces ruptures est enregistrée par un téléphone inscripteur sur un cylindre enregistreur.

Nous ne pouvons donner les détails de construction de cet appareil, nous renvoyons au mémoire de l'auteur; nous donnerons seulement quelques brèves indications : la tige métallique du flotteur est une vis dont les creux sont remplis de gomme laque (substance isolante). Le pas de cette vis est d'un millimètre. Cette tige glisse entre trois poulies qui se trouvent placées à l'ouverture supérieure du tube manométrique. Deux de ces poulies sont en platine, sur elles frotte un petit balai par lequel arrive le courant. Le pas de vis métallique de la tige établit la communication et le passage du courant entre ces deux poulies. Les balais qui frottent sur les poulies métalliques ont la forme d'un levier à deux bras; l'un de ces bras joue entre les mâchoires d'un contact électrique par lequel le courant arrive dans le levier. La poulie en caoutchouc commande aussi le jeu d'un contact électrique.

GRÜNBAUM (1898) a employé aussi l'électricité, mais d'une façon tout à fait différente. Il a enregistré par la *photographie* les mouvements d'un *électromètre capillaire*. L'électromètre capillaire montrait les variations de potentiel de deux points dont le circuit électrique subissait des changements de résistance provoqués par les variations de la pression.

IV. Enregistrement de la pression sanguine au moyen de la photographie.

Il est difficile d'enregistrer, avec un manomètre à eau ordinaire, les variations de la pression sanguine dans les veines, car ces variations n'ont pas la force nécessaire pour soulever une colonne d'eau à une hauteur convenable et en plus pour déplacer une plume inscrivante. Pour avoir l'inscription des variations faibles, on emploie la méthode photographique.

CYBULSKI (1888) a construit un appareil spécial, une sorte de manomètre fermé, qui se compose d'un tube long de 300 millimètres ayant un diamètre de 3 millimètres. L'extrémité supérieure du tube se continue en un petit gonflement dont le volume est de 5 à 10 fois plus grand que celui du tube, calculé à partir du coude que présente son extrémité inférieure. Celle-ci est recourbée et fait avec le tube un angle de 120° - 130° ; elle est mise en communication avec une veine par une canule et un tube remplis préalablement d'une solution de bicarbonate de soude. Le tube du manomètre est rempli d'une solution de picrocarmin. Au-dessus du liquide, dans le tube et dans le gonflement qui est pourvu en haut d'un robinet, il y a de l'air.

Quand la pression veineuse est égale à la pression atmosphérique, le niveau du liquide marque le zéro de l'appareil. Les oscillations du liquide dépendent du diamètre du gonflement; elles sont plus petites dans ce manomètre fermé que dans un manomètre à eau ordinaire ouvert. L'appareil est pourtant très sensible. On peut, n'importe quand, en ouvrant le robinet, transformer le manomètre fermé en un manomètre à eau ordinaire, sans qu'il y ait un déplacement du zéro. Si les oscillations de la colonne liquide sont trop grandes, on ferme le robinet.

Le manomètre est placé sur un support, entre deux fentes : une antérieure, l'autre postérieure, larges chacune d'un millimètre, au travers desquelles passent des rayons lumineux parallèles. On place l'ensemble de l'appareil devant la lentille d'une chambre obscure, on obtient sur une plaque sensible l'image du ménisque concave du liquide contenu dans le manomètre : c'est une ligne claire sur un fond obscur. En déplaçant le support du manomètre, on peut agrandir ou diminuer l'amplitude de cette image.

L'appareil de BAYLISS et STARLING consiste simplement en un large tube de verre étiré à une de ses extrémités en un tube capillaire très étroit; cette extrémité est fermée après avoir rempli le tube d'eau. Dans le tube capillaire, on a ménagé un petit espace, long de 1 centimètre $\frac{1}{2}$, qui est rempli d'air. L'autre extrémité du tube est mise en communication, par l'intermédiaire d'un tube en plomb, avec une artère ou avec une sonde intracardiaque.

L'image du tube capillaire, agrandie, est projetée sur une fente derrière laquelle se trouve un cylindre enregistreur recouvert d'une feuille sensible.

On obtient ainsi la photographie de la pulsation cardiaque.

BAYLISS et STARLING ont étudié, pour les comparer à leurs appareils, les manomètres de HÜTHLE et de v. FREY. Ils ont trouvé que le premier donne des résultats conformes aux leurs, tandis que celui de v. FREY est moins fidèle; car, d'une part, la masse liquide qu'il contient possède trop d'inertie, et, d'autre part, la transmission à air amortit les mouvements.

Plus récemment, en 1894, BAYLISS et STARLING ont photographié les variations d'une vésicule d'air, dont le plus grand diamètre mesurait $3^{\text{mm}},8$, contenue dans l'extrémité conique d'un tube capillaire de verre. Cet espace plein d'air était en communication par un robinet à trois voies avec une sonde cardiaque et avec une bouteille de pression remplie de Mg SO_4 à 25 p. 100. A un changement de pression de 100 millimètres de mercure correspondait l'entrée, dans le tube capillaire, d'un volume égal à 0,0335 c. c.

BAYLISS et STARLING considèrent leur méthode comme permettant d'obtenir la forme typique des courbes cardiaques. Il en serait ainsi s'il n'y avait pas de frottements; or le frottement est considérable dans un tube capillaire.

B. Manomètres enregistreurs à membrane élastique ou Hémomanométrographes élastiques. — En faisant agir le sang sur une membrane élastique, métallique ou en caoutchouc, et en enregistrant les déformations subies par cette membrane sous l'influence des variations de la pression du sang, on obtient un tracé qui représente les variations de la pression sanguine. L'étalonnage préalable de l'appareil fait connaître

à quel degré de pression, en poids ou en hauteur de colonne mercurielle, correspond un degré donné de la déformation de la membrane élastique.

Les déformations de la membrane élastique peuvent être enregistrées directement, au moyen d'un levier, ou bien à distance, à l'aide de la transmission à air.

Les manomètres à membrane élastique permettent d'enregistrer la forme des variations rapides de pression, qui ne peut pas être donnée par des manomètres à mercure.

I. Hémomanomètres élastiques directs.

Parmi les appareils qui appartiennent à cette catégorie, il y en a qui permettent de mesurer la pression sanguine d'après les déformations subies par un tube élastique, d'autres d'après la déformation d'une lame ressort ou d'une membrane élastique en caoutchouc ou métallique. Les variations de la pression sanguine sont transmises au corps déformable par l'intermédiaire d'un tube plein de liquide ou d'air. Les déformations du corps élastique sont enregistrées directement au moyen d'un levier qui trace ses mouvements sur une surface enregistreuse noircie au noir de fumée. Les mouvements à enregistrer étant très délicats, on ne peut pas employer une plume à encre, comme on le fait quelquefois pour les manomètres enregistreurs à mercure.

1. Le manomètre élastique de FICK (le *Federkymographion*) est le premier hémomano-

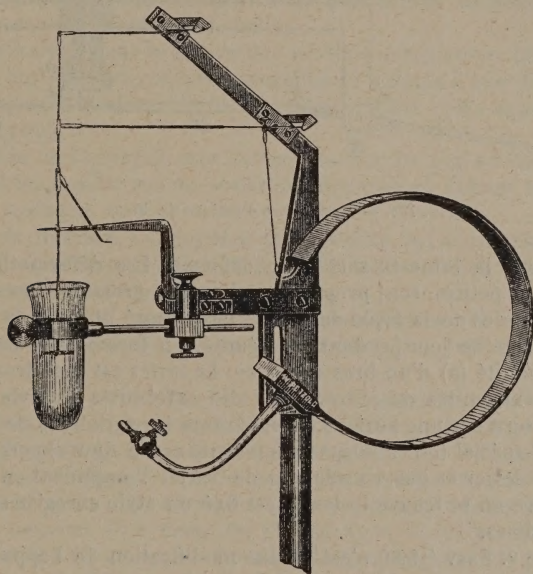


FIG. 133. — Manomètre élastique de FICK.

métrographe élastique métallique employé en physiologie (1864). Cet appareil se compose d'un tube élastique plat, comme celui d'un manomètre de BOURDON, recourbé en arc de cercle, ayant une extrémité mobile fermée et une extrémité fixe communiquant avec une artère. Le tube élastique est rempli d'alcool, tandis que le tube en plomb qui le relie à l'artère est rempli d'un liquide anticoagulant. Quand la pression sanguine croît, le tube-ressort s'étend et son extrémité supérieure libre se déplace.

Les déplacements de l'extrémité libre sont enregistrés au moyen d'un levier enregistreur dont la plume, pourvue d'un dispositif spécial, transforme les mouvements en arc de cercle du levier en mouvement rectiligne. Les vibrations propres du levier sont amorties au moyen d'un petit disque de papier, relié au moyen d'une tige au levier ; ce disque de papier plonge dans un récipient rempli de glycérine ou d'huile.

Le kymographion de FICK a été modifié par HERING (HERMANN, *Handbuch der Phys.* IV, p. 234, fig. 21).

2. Les hémomanomètres élastiques se composent, en général, d'un très petit tambour, analogue au tambour à air de MAREY, recouvert d'une membrane en caoutchouc très fine. Ce tambour communique avec l'artère. Sur la membrane du tambour appuie une lame ressort. La variation de la pression du sang provoque les déformations de ce ressort, déformations qu'on enregistre à l'aide d'un levier enregistreur. Voici la description de quelques appareils dont la construction est basée sur ce principe.

Le *manomètre élastique* de FICK (1883) se compose d'un cadre rectangulaire (*e e e*) sur lequel sont fixés un tube (*a a*) très fin, ayant un millimètre de diamètre, et l'extrémité d'une lame-ressort (*f*). Le tube aboutit à une petite capsule (un petit tambour) recouverte d'une fine membrane de caoutchouc. Un petit bouton en ivoire (*d*), fixé sur la membrane de la capsule, appuie sur la lame-ressort. La capsule renferme quelques gouttes liquides qui assurent son étanchéité parfaite; le tube (*a a*) de la capsule communique avec l'artère par l'intermédiaire d'un tube de verre coudé. Au début, il y avait dans l'appareil de FICK, comme moyen de transmission entre le sang et la capsule, de l'air : plus tard, FICK a rempli tout le tube de communication avec un liquide (Fig. 134).

Quand la pression augmente dans l'artère, et par conséquent, dans la capsule, le

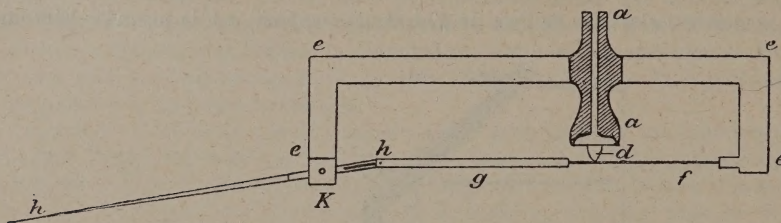


FIG. 134. — Manomètre élastique de FICK.

bouton (*d*) appuie sur la lame-ressort et la déforme. Les déformations de la lame-ressort, extrêmement petites, sont proportionnelles à la pression. Les déformations du ressort sont enregistrées de la façon suivante : l'extrémité libre de la lame-ressort est prolongée par une tige de jonc (*g*) dont l'extrémité, en forme de fourche, est mise en relation avec l'extrémité (*h*) d'un bras de levier. Le levier est mobile autour d'un axe (*K*) fixé à une des extrémités du cadre. L'une des extrémités du levier (*h*) est pourvue d'une plume qui inscrit sur une surface enregistreuse les variations de la pression sanguine. Un dispositif spécial (qui n'est pas représenté sur la figure) permet d'avancer ou de reculer l'axe du levier et par conséquent de varier l'amplification des tracés. Au même point du cadre où se trouve le levier est fixé un style enregistreur immobile qui trace l'axe des abscisses.

Le *tonographe* de v. FREY (1890) n'est qu'une modification de l'appareil de FICK. Son tambour (petite capsule), qui présente un diamètre de 10 millimètres, reçoit à sa partie supérieure un tube de 1,5 millimètres, formé par une vis tubulée. Le bouton de la membrane du tambour appuie ordinairement sur la lame-ressort; celle-ci porte un petit coin dont l'arête appuie sur le levier enregistreur près de l'axe. Le contact entre le levier et le coin est assuré par un poids suspendu à un fil. L'axe du levier enregistreur est porté par une tige mobile sur le support; cela permet de varier l'amplification du tracé. Les déformations du ressort sont amplifiées de 15 à 20 fois environ. La lame-ressort peut être remplacée par des lames de différentes épaisseurs; on choisit l'épaisseur de la lame selon les besoins des expériences. Le plan de l'axe du levier enregistreur peut être varié de telle sorte qu'on peut avoir l'inscription verticale ou horizontale. Le tambour est à moitié rempli d'eau; le tube qui relie l'artère au tambour est rempli d'air.

La communication du sang de l'artère avec le liquide de l'appareil de v. FREY se fait de la façon suivante. Une canule métallique pourvue d'un robinet entre dans l'artère. Un tube en verre renflé, à moitié rempli d'un liquide anticoagulant, relie la canule avec un tube capillaire long de 30 centimètres. Au delà de ce tube se trouve un tube

métallique en T, dont l'une des branches va à un manomètre à mercure, et l'autre au tonographe. Lorsque l'on ouvre le robinet de la canule, le sang fait monter le liquide du tube de verre renflé, et le fait passer en partie dans le tube capillaire. Il résulte une augmentation de la tension de l'air contenu dans l'appareil.

Le *manomètre élastique* de HÜRTHLE (*Federmanometer*) se compose d'un bâti métallique dans lequel glisse à frottement dur une cheville qui porte à son extrémité un petit tambour (T). Ce tambour, de 6 à 7 millimètres de diamètre, est fermé à sa partie supérieure par une membrane de caoutchouc sur laquelle se trouve un disque de 3,5 à 4,5 millimètres de diamètre. La membrane est tendue au moyen d'un anneau métallique qui la maintient pressée contre le tambour. Un tube (R) sert à amener le liquide dans le tambour; un autre tube sert à l'écoulement du liquide. Au-dessus du tambour se trouvent superposés une lame ressort (F) et un levier enregistreur (H). Une des extrémités de la lame ressort (F) est fixe, l'autre est reliée par l'intermédiaire de deux pièces, d'une part (pièce G_1) avec le disque de la membrane du tambour, d'autre part (pièce G_{11}) avec le levier enregistreur. En variant la position des pièces intermédiaires par rapport à l'axe (A) du levier enregistreur, on varie l'amplification des tracés. Le levier enregistreur est long de 120 millimètres et il amplifie 40 fois les mouvements de la membrane du tambour. La lame ressort, en acier, est choisie de telle sorte que, avec l'amplification citée, l'extrémité du levier enregistreur se soulève d'un centimètre pour une variation de la pression sanguine égale à 100 millimètres de mercure. L'amplitude des mouvements du ressort est donc très faible.

À côté du levier enregistreur se trouve fixé un style enregistreur immobile qui trace l'axe des abscisses. On ajuste les styles enregistreurs à l'aide d'une vis micrométrique (M) sur laquelle appuie un ressort (F_1). Un autre ressort (S-F) appuie sur une roue dentée portée par la vis.

La communication de l'appareil avec l'artère est établie par un large tube plein de liquide. On amortit les oscillations du levier de l'appareil en faisant un rétrécissement entre le tube et le tambour.

Dans l'appareil de HÜRTHLE, comme dans celui de FICK, les déplacements de la plume enregistreuse sont proportionnels aux variations de la pression du sang, parce que les déplacements des parties élastiques sont très petits.

Le tonographe de FRANCK ressemble à celui de HÜRTHLE; il en diffère par son volume, qui est beaucoup plus petit, ce qui fait que, dans une expérience, on peut superposer plusieurs appareils.

Dans l'appareil de GAD, on trouve, à la place de la membrane de caoutchouc, une plaque métallique très fine et un ressort spécial attaché à un des bras du levier.

Le *tonomètre différentiel* de HÜRTHLE sert à enregistrer les différences de pression entre deux vaisseaux. Cet appareil se compose de deux tambours, semblables à ceux du federmanomètre, fixés sur le même bâti et séparés seulement par un court espace dans lequel on a fixé le support d'un fléau. De petites tiges, fixées sur les membranes de chaque tambour, s'articulent avec les extrémités du fléau. Lorsque la pression est égale dans les deux tambours, le fléau est horizontal; lorsqu'elle est supérieure dans l'un, le levier oscille dans un sens ou dans l'autre, selon le sens de la différence. Une lame ressort appuie sur le fléau.

Dans le modèle construit le « Cambr. Cie » on a simplifié l'appareil de HÜRTHLE, et on a substitué à la lame ressort un ressort spiral.

3. L'hémomanométrographe à membrane élastique en caoutchouc n'est, en définitive, qu'un petit tambour enregistreur de MAREY, à membrane très forte, rempli de liquide, et qui, par l'intermédiaire d'un tube, communique avec le sang.

Dans l'appareil de HÜRTHLE (le *Gummimanometer*) le tambour, qui présente 18 millimètres de diamètre et une hauteur de 9 millimètres, est muni de deux tubes, de 3 millimètres de diamètre, dont l'un sert au remplissage du tambour avec une solution anticoagulante, et l'autre, à la communication de l'appareil avec l'artère. Au support du tambour se trouve fixé, en dehors du petit support du levier enregistreur qui inscrit les déformations de la membrane du tambour amplifiées 40 fois, un style enregistreur fixe qui trace l'axe des abscisses. Une lame d'acier peut, sous l'action d'une vis, déplacer

les styles enregistreurs de manière à régler leur position sur la surface enregistrante.

L'appareil de HÜRTHLE a subi quelques petites modifications peu importantes, dans ses parties accessoires.

COWL (1890) a ajouté à l'appareil de HÜRTHLE un ressort spiral qui appuie sur la plaque métallique et amortit les oscillations de cette plaque.

V. FREY a construit aussi un tonographe, formé essentiellement d'un tambour de MAREY rempli d'eau, et dont la membrane présente un petit coin, dont l'arête est en contact avec un style enregistreur. Ce contact est assuré par un ressort réglé par une vis.

GAD a remplacé la membrane de caoutchouc de l'appareil de HÜRTHLE par une plaque très fine de métal.

Le *kymographe tympanique* de SEWALL et DORANCE (1887) est aussi un manomètre à membrane élastique. Cet appareil se compose d'un tube en laiton se prolongeant en une sorte d'entonnoir recouvert d'une membrane métallique, ayant 2 centimètres $1/2$ environ de diamètre et une épaisseur de 0,05 millimètres. Ce tube plein d'une solution anticoagulante communique avec l'artère. Une tige met en relation la membrane métallique avec un levier enregistreur, dont l'axe est porté par un support fixé au support de l'appareil. SEWALL a choisi la forme de la membrane du tympan, pour la membrane de son appareil, se basant sur les recherches de HELMHOLTZ qui croit que l'efficacité de la membrane du tympan à recevoir les vibrations sonores dépend en grande partie de sa forme convexe en entonnoir.

Le manomètre métallique de GRÉHANT (1892), basé sur le principe du baromètre anéroïde, est formé d'une plaque solide sur laquelle on a soudé une boîte circulaire de 10 centimètres de diamètre, fermée par une membrane métallique. La boîte est remplie de bicarbonate de soude. Les mouvements de la membrane métallique sont transmis à un levier en aluminium ayant 38 ou 40 centimètres de longueur.

4. Le *manomètre à torsion* de ROY (1887) se compose d'une sorte de piston-recorder communiquant par l'intermédiaire d'un tube plein de liquide avec la cavité cardiaque. Quand la pression augmente, le piston se soulève; alors, la tige du piston tire sur une lame-ressort et tend à la tordre. La lame-ressort est fixée au moyen de deux pinces sur un cadre vertical. On varie la résistance opposée aux mouvements de la tige du piston, en variant la longueur de la lame, en rapprochant ou en éloignant les pinces qui fixent la lame-ressort, ou en mettant des lames élastiques de différentes épaisseurs. La tige du piston, reliée à la lame-ressort, présente un fil qui s'enroule sur une poulie fixée sur l'axe d'un levier enregistreur. En enregistrant les mouvements de ce levier, on enregistre les déformations de la lame-ressort, et par conséquent les variations de la pression sanguine auxquelles ces déformations sont proportionnelles. Le tube qui relie l'appareil avec la cavité cardiaque présente une branche latérale qui sert à mettre l'appareil en communication avec un manomètre à mercure quand on fait l'étalonnage de l'appareil.

5. L'appareil de COWL (1889) (*Blutwellenzeichner*) inscrit les variations de longueur d'un tube de caoutchouc qui communique avec une artère. Les variations de longueur du tube sont proportionnelles aux variations de la pression, car le tube en caoutchouc est construit de telle façon qu'il ne peut pas subir des changements d'épaisseur; ce qui fait que toutes les variations de la pression intérieure se manifestent par des changements équivalents de longueur. Le levier enregistreur est placé entre l'extrémité de ce tube et un ressort spiral.

6. Le manomètre métallique de BEER (1896) se compose d'un ressort creux rempli d'air et mis en communication avec une artère par un tube plein d'une solution à 1 p. 100 de citrate de sodium. Les mouvements de ce ressort métallique sont transmis à deux leviers, dont l'un trace les mouvements sur un cylindre enregistreur, et l'autre porte un index qui se déplace sur une feuille qui porte des chiffres. L'étalonnage de l'appareil est fait d'une façon empirique.

II. *Hémomanomètres élastiques à transmission.*

Les déformations d'une membrane élastique peuvent être enregistrées à distance, au moyen d'un tambour enregistreur de MAREY qui communique au moyen d'un tube plein d'air avec l'appareil explorateur de la pression.

Cet appareil explorateur de la pression peut présenter une membrane en caoutchouc, ou bien une membrane métallique.

1. Dans le *Sphygmoscope* de MAREY-CHAUVEAU (1861), le premier appareil de ce genre, la membrane déformable consiste en un doigtier de caoutchouc qui coiffe un tube de verre qui traverse un bouchon de caoutchouc. Ce doigtier est placé dans un tube de verre gros et court, fermé à l'une de ses extrémités par un bouchon de caoutchouc traversé par un tube de verre qui est relié par un tube à un tambour enregistreur de MAREY.

Le doigtier de caoutchouc, rempli d'une solution alcaline, bien purgé d'air, est mis en communication avec une artère par l'intermédiaire d'un tube. Chaque augmentation de pression subie par le sang, qui pénètre à l'intérieur de l'ampoule élastique, gonfle l'ampoule. Ce gonflement occasionne le déplacement de l'air qui entoure l'ampoule. Ces déplacements de l'air arrivent au tambour enregistreur qui inscrit de la sorte les déformations de la membrane et, par conséquent, les variations de la pression sanguine.

Pour donner plus de sensibilité au sphygmoscope, CHAUVEAU intercale entre cet appareil et l'artère un flacon à deux tubulures contenant une solution anticoagulante. Le tube d'arrivée du sang plonge dans la solution, tandis que le tube de l'appareil n'y plonge pas.

FREDERICQ (1889) a modifié le sphygmoscope de CHAUVEAU-MAREY en diminuant beaucoup la cavité du doigt de gant. De cette façon, on n'a plus une trop grande quantité de liquide en contact avec la membrane élastique, ce qui est une cause d'erreur.

HÜRTLE a construit un sphygmoscope, applicable aux petits animaux, composé de deux tambours inégaux, placés avec leurs membranes bien en face l'un de l'autre. Le petit tambour, qui est recouvert d'une membrane ayant 2 mm. d'épaisseur et 6 mm. de diamètre, présente deux tubes; un de ces tubes communique par l'intermédiaire d'un cathéter avec le cœur, l'autre tube sert au remplissage du tambour avec une solution anticoagulante. Les variations de pression du sang impriment des oscillations à la membrane du tambour; en variant l'épaisseur et la tension de la membrane, on peut faire varier l'amplitude des mouvements provoqués par les variations de pression.

Le grand tambour à air, placé en face du petit, reçoit les impulsions imprimées à sa membrane par la membrane du petit tambour, ces deux membranes étant reliées entre elles. Le grand tambour présente un diamètre de 60 mm.; sur sa membrane il y a un disque de 40 mm. de diamètre. Le tambour à air communique avec un tambour enregistreur. Cet appareil est très bon; il présente peu d'inertie, la masse liquide contenue dans le tambour étant très petite.

2. Le *manomètre métallique* de MAREY se compose d'un vase métallique plat dans lequel est placée une capsule de baromètre anéroïde remplie de liquide et s'ouvrant au dehors par un tube qui traverse la paroi du vase enveloppant. Ce tube se termine dans un flacon rempli d'une liqueur alcaline, au goulot duquel se rend un ajutage muni d'un robinet. Un tube vertical de verre surmonte le vase qui enveloppe la capsule manométrique; par ce tube, on verse de l'eau jusqu'à ce qu'on ait rempli le vase et même la moitié du tube.

Les variations de pression du sang qui pénètre dans la capsule se traduisent par des mouvements de la paroi de la capsule et par des oscillations de l'eau contenue dans le tube vertical du vase. Pour inscrire ces mouvements, on introduit dans le tube vertical un bouchon de caoutchouc percé et traversé par un tube qui est mis en communication avec le tambour enregistreur.

TATIN a construit un manomètre métallique un peu différent de celui de MAREY. Dans l'appareil de TATIN les valeurs absolues des pressions sont indiquées par une aiguille sur un cadran qui fait partie de l'instrument. La transmission du mouvement de la membrane anéroïde à l'aiguille s'opère au moyen d'un petit couteau coudé, qui fait tourner

une hélice formant le pivot de l'aiguille. En même temps que l'aiguille marque les valeurs absolues des pressions, ces pressions sont transmises à distance à un tambour à levier enregistreur par l'intermédiaire d'une caisse à air comprise dans l'appareil.

III. Etalonnage des manomètres élastiques.

Voici le procédé employé par MAREY pour graduer les manomètres élastiques :

On prend un flacon de verre qu'on met en relation avec un manomètre élastique. On introduit dans ce flacon l'orifice d'un tube qui se rend à un manomètre à mercure; enfin, on y introduit aussi un tube par lequel on peut comprimer l'air du flacon à des pressions variables. Tous ces tubes traversent un large bouchon et sont hermétiquement lutés au goulot du flacon. On insuffle de l'air dans le flacon jusqu'à ce que le manomètre indique un centimètre de mercure au-dessus de la pression atmosphérique; on note alors pour le levier du manomètre élastique le niveau auquel cette élévation de pression l'a soulevé. On répète cette expérience 15 ou 20 fois avec des pressions croissantes. On obtient ainsi une graduation expérimentale qui permet d'estimer, dans un tracé, la valeur réelle des pressions exprimées par les changements de hauteur de la courbe.

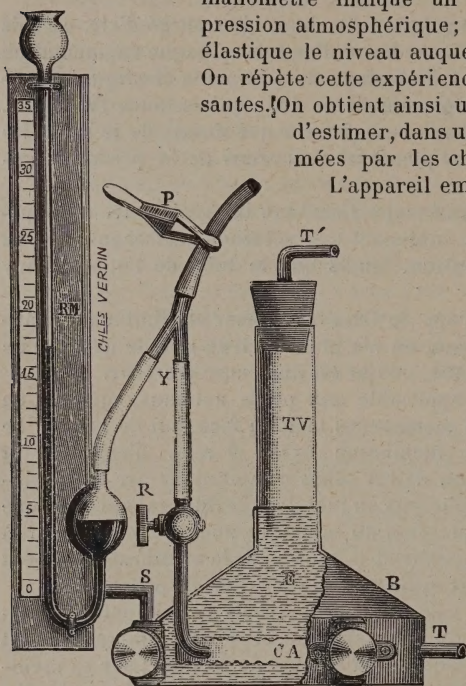


FIG. 135. — Manomètre de MAREY.

L'appareil employé par ROY, pour effectuer la graduation du manomètre élastique, est constitué de la façon suivante : L'une des branches d'un manomètre à mercure en U communie d'une part avec le manomètre élastique et d'autre part avec un ballon en caoutchouc. Ce dernier est placé entre deux plaques de bois articulées par une charnière. On comprime le ballon en abaissant la plaque de bois supérieure à l'aide d'une vis. On fait varier, de cette façon, la pression dans le manomètre élastique, graduellement de 10 en 10 millimètres de mercure. A chaque pression nouvelle, on fait tracer, par le levier du manomètre élastique, une droite sur la surface enregistreuse. On obtient ainsi l'échelle de graduation.

Le dispositif employé par HÜRTLE est encore plus simple et plus commode.

Un manomètre à mercure, composé d'une longue branche et d'une petite

branche très large, présente à sa partie coudée un ballon. Le tube, le ballon de caoutchouc et la moitié de la large branche du manomètre sont remplis de mercure. La partie supérieure de la large branche du manomètre est remplie d'eau et communique avec le manomètre élastique. En comprimant le ballon de caoutchouc on fait varier la pression; la lecture de la hauteur de la colonne mercurielle nous indique sa valeur. Dans le manomètre élastique il pénètre très peu de liquide; pour 200 millimètres de mercure, à peine pénètre-t-il dans la capsule une goutte. Pour chaque pression différente donnée par le manomètre à mercure, le levier enregistreur trace une ligne de l'échelle de graduation du manomètre élastique.

Pour tous les appareils à membrane élastique, il faut, à chaque expérience, refaire la graduation empirique; car l'élasticité du ressort peut varier.

C. Technique générale : Canules; solutions anticoagulantes; préparation de l'artère; pression veineuse. — La technique de l'enregistrement de la pression sanguine comprend quatre phases : I. Préparation du manomètre, soit élastique, soit à mercure; II. Mise à nu et préparation de l'artère; III. Introduction et fixation d'une

canule dans l'artère et sa liaison avec le manomètre; IV. Mise en marche des appareils, manomètres et appareils enregistreurs.

Nous connaissons les manomètres, nous connaissons les surfaces enregistrautes, qui sont un des nombreux types de cylindres enregistreurs que nous avons vus, animés d'un mouvement peu rapide, avec ou sans papier sans fin. Disons quelques mots sur les canules, les tubes de liaison avec le manomètre et le liquide anticoagulant avec lequel on remplit ce tube.

1. La canule qu'on introduit dans l'artère est en verre et présente diverses formes : elle est simple ou présente une branche latérale pour le nettoyage des caillots. Quand on introduit une canule dans le bout central d'une artère et qu'on lie le bout périphérique, la pression qui agit sur le manomètre est augmentée par la force provenant de la vitesse du sang.

Pour n'avoir que la pression latérale dans l'artère, il faut que le sang puisse circuler librement et que le tube qui va au manomètre soit perpendiculaire sur l'artère. Pour cela, on se sert d'une canule en T, introduite par une boutonnière faite dans la paroi artérielle, ou bien d'une canule de LUDWIG et SPENGLER, qui ne nécessite pas la ligature, car la paroi artérielle se trouve pressée entre deux disques.

Pour combattre l'obstruction des canaux par les caillots, MEYER se sert d'une canule qui contient des tiges en baleine mobiles. Un mandrin, selon qu'il est levé ou baissé, permet d'interrompre ou de laisser passer le courant sanguin. La canule triple tubulaire de BARDIER est un perfectionnement de la canule MEYER.

2. Le tube qui relie la canule au manomètre doit être à paroi inextensible (pour ne pas absorber de la force de pression). Il doit être court et large. A une de ses extrémités il présente un robinet, et il est relié par l'autre à la canule par un petit tube en caoutchouc. Ce tube est en plomb généralement, car le plomb a l'avantage d'être flexible.

MOLESCHOTT employait des tubes formés de petits tubes de verre reliés entre eux par des petits tubes de caoutchouc très épais.

3. La canule qu'on introduit dans l'artère et le tube de communication avec le manomètre sont remplis d'une solution anticoagulante.

POISEUILLE employait une solution de soude.

KLEMENSIEWICZ recommande un mélange de bicarbonate et de carbonate de soude dans les proportions suivantes : 4 litres d'eau, 186 grammes de bicarbonate de soude et 286 grammes de carbonate de soude. Ce qui fait environ une solution de 45 p. 1000 de bicarbonate de sodium et de 60 p. 1000 de carbonate de sodium.

PANETH et HÜRTHLE ont employé une solution à 25 p. 100 de sulfate de magnésie (50 parties de sel pour 150 parties d'eau). Cette solution a l'avantage de ne pas rendre glissante la canule comme la solution de soude.

TIGERSTEDT recommande une solution de peptone à 8 p. 100 pour le remplissage de la canule et des parties avoisinantes, et une solution de sulfate de magnésie à 25 p. 100 pour le reste du tube.

On a recommandé aussi, comme l'a fait FANO, d'injecter une solution de peptone dans le sang.

HAYCRAFT a employé de l'extrait de sangsue : décoction de 10 têtes de sangsue dans 100 centimètres cubes d'eau salée, pendant un mois ; on ajoute un cristal de thymol.

LEWASCHEW a injecté du sang défibriné dans les veines, en même temps qu'il faisait subir à l'animal une perte de sang correspondante.

Il y a des expérimentateurs qui ont rempli le tube d'huile d'olive ou d'une solution d'oxalate de soude saturée.

4. Pour éviter l'entrée dans le manomètre d'une trop grande quantité de sang, on charge le manomètre purgé d'air avant l'expérience, en le mettant à une pression égale à celle qu'on suppose exister chez l'animal (en moyenne, 14 centimètres chez le chien). Cette mise sous pression se fait au moyen d'un ajutage latéral relié soit à une seringue, soit à un réservoir élevé, ou dont le liquide est chassé par une poire à com-

pression. On évite de mettre l'appareil sous une trop forte pression, car l'entrée de la solution de carbonate de soude, surtout par la carotide, exposerait à des accidents souvent mortels.

5. Quand on veut prendre la pression centrale existant dans une artère, on pose une ligature du côté périphérique, on oblitère momentanément, avec une serre-fine ou un fil, le vaisseau du côté du cœur et, d'un coup de ciseaux, on pratique dans la paroi une boutonnière au travers de laquelle on introduira la canule artérielle qu'on fixera par une solide ligature.

Quand on veut prendre la pression périphérique ou la pression latérale, on ne pose que des ligatures d'attente, et on introduit dans l'artère, soit une canule ordinaire dirigée vers la périphérie, pour la pression périphérique, soit une courbe en T, si l'on veut connaître la pression latérale.

Voici la description du dispositif employée par WERTHEIMER (1894) à l'étude de la pression dans la veine rénale et dans la veine d'un membre inférieur :

Pour ne pas entraver la circulation dans le vaisseau, on peut y introduire simplement un tube en T; mais il est préférable d'employer la canule imaginée par LUDWIG et SPENGLER. WERTHEIMER a construit une canule sur le même modèle. Dans cette canule la petite plaque terminale qui s'introduit dans le vaisseau par une boutonnière, au lieu d'être circulaire, s'allonge en triangle à l'une de ses extrémités et se termine par une pointe mousse.

Le manomètre et le tube qui le rattache à la canule sont remplis d'une solution de carbonate de soude (densité : 1080). La branche libre du manomètre est mise en communication avec un tambour enregistreur de MAREY.

La pression artérielle était prise presque toujours simultanément dans le bout central de la fémorale, au moyen du manomètre métallique de MAREY.

Quand il s'agit de l'enregistrement de la pression veineuse, il y a avantage à irriguer d'une façon continue le point de jonction de la canule et du vaisseau par une solution de carbonate de soude, arrivant goutte à goutte, pour retarder la coagulation.

§ II. — *Mesure de la pression à l'aide d'appareils qui se placent sur la paroi artérielle. — Sphygmotonomètres enregistreurs.*

Parmi les appareils destinés à mesurer la pression du sang sans nécessiter l'ouverture de l'artère, citons d'abord le *tonomètre* de TALMA et l'*angiomètre* ou *sphygmographe* de HÜRTHLE. — Ce dernier appareil est employé surtout comme sphygmographe ordinaire pour avoir les pulsations artérielles à travers les tissus. On trouvera sa description dans le chapitre consacré aux sphygmographes.

Le *tonomètre* de TALMA (1880) se compose d'une petite gouttière destinée à recevoir une artère dénudée; le diamètre de cette gouttière est plus étroit que le diamètre de l'artère. Une tige, terminée à sa partie inférieure par un bouton, placé sur l'artère, transmet les pulsations de l'artère à un levier enregistreur. A ce levier se trouve attaché un ressort; la pression exercée par ce ressort peut être variée à l'aide d'une vis. — L'appareil est gradué de telle sorte qu'un déplacement déterminé du levier correspond à un nombre déterminé de grammes.

MAGNUS (1896) a fait construire par RUNNE (Heidelberg) un appareil excellent qui permet d'avoir la pression sanguine sans ouvrir l'artère.

La pression sur l'artère, carotide ou thyroïdienne supérieure, s'exerce à l'aide d'un ressort à boudin, et l'inscription est donnée par un levier placé sur l'artère. Par des tractions, plus ou moins fortes, exercées sur le ressort, on amortit plus ou moins l'appareil. Un dispositif mécanique spécial permet de varier à volonté la longueur des bras du levier (la longueur totale du levier est de 140 millimètres). MAGNUS a fait l'étalonnage de son appareil à l'aide du même manomètre à mercure dont s'est servi HÜRTHLE. — Les courbes obtenues par lui ne ressemblent pas à celles obtenues par HÜRTHLE avec son appareil non amorti.

Le *tonosphygmographe* de ROY se compose d'une sorte de récipient dans lequel on place l'artère; ce récipient communique avec un piston-récorder.

§ III. — *Mesure de la pression sanguine chez l'homme. — Sphygmomanomètres ou sphygmotonomètres.*

Les appareils qui servent à mesurer la pression du sang chez l'homme, à travers les parois artérielles et les tissus s'appellent *sphygmomanomètres* ou *sphygmotonomètres*. — Ces appareils sont presque tous basés sur le principe suivant.

Si l'on comprime extérieurement un vaisseau, non point à l'aide d'un poids ou d'un corps solide, mais par l'intermédiaire d'un liquide ou d'un gaz soumis à une certaine pression, la pression du fluide nécessaire pour effacer le vaisseau et pour arrêter la progression des ondes intravasculaires est très sensiblement égale à celle qui détermine la progression de ces ondes, c'est-à-dire à la pression intra-vasculaire elle-même.

Au lieu de ne considérer qu'un vaisseau, on peut considérer l'ensemble des tissus qui constituent une extrémité. Le volume d'un membre varie dans le même sens que la pression du sang; ses variations indiquent si la pression monte ou descend; mais elles n'expriment pas les variations réelles de la pression intérieure. Pour déterminer ces valeurs, il faut, comme pour l'artère seule, équilibrer la pression intérieure au moyen d'une contre-pression extérieure.

La plupart des appareils que nous allons décrire ne sont pas enregistreurs, mais presque tous peuvent être rendus enregistreurs, si le manomètre qui donne la mesure de la pression est enregistreur.

A. Sphygmotonomètres artériels. — I) La pression sanguine peut être mesurée à l'aide d'appareils qui se placent sur l'artère radiale.

a) *Sphygmotonomètre à pelote.* — 1. Le *sphygmomanomètre* de BASCH se compose d'une pelote de caoutchouc, pleine d'eau, communiquant par l'intermédiaire d'un tube plein d'eau avec un manomètre à mercure. On appuie la pelote sur l'artère radiale jusqu'à l'extinction complète des pulsations; la pression exercée sur la pelote est transmise au manomètre; la hauteur de la colonne mercurielle en donne la mesure.

Telle est la forme primitive de l'appareil de BASCH. Plus tard, BASCH a perfectionné son appareil de la façon suivante : Il a remplacé le manomètre à mercure par un manomètre métallique, et il a entouré la pelote d'une enveloppe qui empêche les déformations latérales et donne à la pelote une forme d'oreiller.

2. Pour les recherches cliniques rapides, BASCH a fait construire un appareil extrêmement commode et peu coûteux. Cet appareil se compose d'un tube de thermomètre, dont l'extrémité supérieure est renflée en forme de boule, et dont l'extrémité inférieure est collée sur un large tube de verre. Un bouchon en liège ferme ce dernier tube. Le bouchon est traversé par un petit tube de verre. L'extrémité supérieure de ce petit tube, qui fait saillie dans le large tube du thermomètre, est recouverte d'une membrane en caoutchouc. L'extrémité inférieure du petit tube communique avec une pelote pleine d'air qu'on appuie sur l'artère. Un liquide coloré remplit le large tube qui environne le doigtier de caoutchouc. Quand on presse la pelote sur l'artère, le liquide monte dans le tube thermométrique. Le degré auquel s'arrête le liquide, quand la pelote a comprimé l'artère jusqu'à l'extinction de pulsations, donne la mesure de la pression du sang. Cet appareil ressemble un peu au sphygmoscope de MAREY.

3. Dans le *sphygmomanomètre* de POTAIN, une simple ampoule de caoutchouc, pleine d'air, communique par un tube, plein d'air également, avec un manomètre métallique. Un tube de remplissage est branché sur le tube de communication.

L'ampoule, de forme ellipsoïde, doit avoir, quand elle est distendue par une pression de 3 centimètres de mercure, une longueur de 3 centimètres et un diamètre transversal de 2 centimètres et demi. Plus volumineuse, elle est encombrante et s'applique mal; plus petite, elle serait écrasée avant d'arriver aux pressions les plus fortes qu'on peut avoir à observer. Elle est formée de 4 secteurs collés ensemble. Trois de ces secteurs sont assez épais et assez résistants pour ne pas se laisser entièrement distendre,

même à une pression qui avoisine 30 centimètres de mercure. Un quatrième, qui doit être appliqué sur la peau et transmettre la pression à l'artère, est aussi mince que possible et renforcé seulement près des pôles. Si le caoutchouc est trop faible, il cède, fait hernie et se détériore rapidement.

Le tube de transmission doit avoir une paroi très résistante et un calibre intérieur aussi réduit que possible. Si sa capacité était trop grande, la masse d'air qui s'y trouve se laisserait trop aisément comprimer, et l'ampoule s'affaisserait sans pouvoir donner d'indications.

Le tube d'insufflation latéral présente un petit robinet. La tension initiale qu'on établit, en soufflant dans ce tube, est absolument arbitraire; elle est indispensable au fonctionnement de l'appareil, mais elle n'a aucune influence sur les résultats qu'on obtient ensuite, pourvu qu'on ne la porte pas trop loin. POTAIN la portait d'habitude à 3 centimètres de mercure.

4. HILL et BARNARD ont construit un petit sphygmomanomètre, très commode, capable de donner la pression sanguine, et d'indiquer, en même temps, la disparition du pouls au moment de l'écrasement de l'artère. Cet appareil se compose d'une petite ampoule de verre, remplie d'un liquide coloré, fermée à sa partie inférieure, qui s'applique sur l'artère, par une membrane élastique et présentant à sa partie supérieure un tube de verre de très petit calibre. Ce tube, terminé par un renflement, est muni d'un robinet. On ferme ce robinet, et on applique l'appareil sur la radiale. L'air emprisonné dans l'appareil agit comme un ressort sur le liquide qui, à chaque pulsation, monte dans le tube. En augmentant l'écrasement jusqu'à la disparition des oscillations, on obtient la contre-pression nécessaire pour faire disparaître la pression artérielle. Le tube porte une échelle divisée empiriquement en millimètres de mercure. En reliant le tube à un tambour enregistreur de MAREY, l'appareil est transformé en sphygmographe.

5. L'artériomètre d'OLIVER se compose d'une petite pelote en caoutchouc, pleine d'air et entourée d'un bord rigide. La surface inférieure de cette pelote s'applique sur l'artère; sur sa face supérieure se trouve un disque sur lequel appuie un ressort.

b) *Sphygmotonomètres à tige*. — Parmi les appareils très commodes qu'on emploie en clinique, citons les sphygmomanomètres dans lesquels, au lieu d'avoir une pelote, remplie d'un fluide, qui comprime l'artère, nous avons une tige métallique.

1. Le sphygmomètre de BLOCH se compose d'un petit cylindre en cuivre contenant un ressort à boudin qu'actionne une tige centrale terminée à une de ses extrémités par un patin perpendiculaire, au moyen duquel s'exerce la pression sur le pouls. L'autre extrémité est soudée à une crémaillère engrenant avec un pignon. Une aiguille fixée à ce pignon marque sur un cadran circulaire les déviations produites par les pressions exercées sur le patin qui termine la tige centrale. La puissance de l'appareil de BLOCH est de 4 000 grammes; la pression qu'il exerce est de 300 grammes. L'écrasement du pouls n'est pas exercé directement par l'appareil mais par l'intermédiaire du pouce qui est placé sur l'artère.

2. VERDIN a construit un sphygmomètre en bien des points semblable à celui de BLOCH, mais ne comportant plus de cadran, ni d'aiguilles, ni de crémaillère; de ce fait, la sensibilité de l'appareil en est accrue. Les indications sont données par le piston qui constitue l'appareil. Quand on appuie sur le pouce, un cylindre intérieur portant des divisions correspondant à des grammes est découvert grâce à un ressort à boudin. Le nombre des divisions découvertes indique la pression nécessaire pour contre-balancer la tension artérielle. BLOCH a ajouté un ressort placé contre la tige du sphygmomètre et destiné à arrêter à volonté cette tige lorsque l'opération est terminée, c'est-à-dire quand les battements de l'artère ont disparu.

3. CHÉRON a modifié un peu l'appareil de BLOCH, en le rendant démontable. Au patin primitif, on peut substituer des patins de forme olivaire avec garniture de liège, ou bien circulaire avec garniture de cuir. Ces modifications ont pour but de supprimer l'intermédiaire du pouce dans l'écrasement du pouls.

c) L'appareil de WALDENBURG se compose d'une tige verticale rigide se terminant inférieurement par une petite pelote reposant sur l'artère radiale, s'articulant par son extrémité supérieure avec l'extrémité du petit bras d'un levier, dont le grand bras est en rapport avec une aiguille indicatrice. L'extrémité inférieure d'un ressort spiral est fixée à l'extrémité du petit bras de levier, au-dessus de la tige. Un dispositif spécial, formé d'une vis et d'une tige, fait varier la tension du ressort dans l'écrasement de l'artère. La longueur du ressort varie avec la résistance que rencontre la pelote de la tige; de l'étendue du raccourcissement du ressort on déduit la valeur de la pression sanguine. Deux aiguilles indiquent sur un cadran les mouvements des extrémités du ressort multipliés par 100. Cette amplification est obtenue grâce à un grand nombre de roues dentées.

d) Quand on fait la mesure de la pression artérielle, il faut tenir compte de la tension de la paroi artérielle même, de la tension qu'elle possède quand elle est vide.

WALDENBURG (1880), à l'aide de son *Pulsuhr*, en faisant des recherches sur l'artère crurale du chien, a trouvé que la tension de la paroi artérielle est égale à 160 grammes (ou à une colonne haute de 294^{mm},4).

BASCH (1880) estime ce chiffre trop fort. En effet, CHRISTIANI et KRONECKER ont vu qu'une pression de quelques millimètres d'eau, exercée sur la paroi extérieure d'une artère, suffit pour rendre l'ouverture de l'artère imperméable. L'artère radiale d'un cadavre est complètement comprimée par une colonne de mercure haute de 1,5 à 2 millimètres; une artère sclérosée est comprimée par 5 millimètres, un tube de caoutchouc ayant une paroi épaisse de 0^{mm},5 est comprimé par une colonne de mercure haute de 147 millimètres. Ce dernier fait explique pourquoi WALDENBURG avait trouvé un chiffre si fort. En effet, WALDENBURG n'a pas pris directement une artère, mais il considérait celle-ci comme étant l'équivalent d'un tube de caoutchouc dont la paroi avait la même épaisseur.

Les chiffres que donne le sphygmomanomètre de POTAIN sont en rapport avec les maxima de la pression du sang et lui sont supérieurs.

D'après TIGERSTEDT, on ne peut pas connaître, à l'aide de l'appareil de BASCH, la valeur absolue de la pression sanguine. En faisant la somme des erreurs, on obtient les chiffres de 32 millimètres de Hg.; dans les cas défavorables, ce chiffre s'élève jusqu'à 78 millimètres.

II) Le *tonomètre* de GÄRTNER (1899) donne la valeur maximum de la pression du sang dans les doigts. La partie essentielle de cet appareil est formée par un anneau, haut de 1 centimètre environ et ayant un diamètre de 2 centimètres 1/2. Cet anneau métallique creux est revêtu à sa partie interne par une membrane de caoutchouc. L'intérieur de cet anneau communique par l'intermédiaire d'un tube en T et de tuyaux en caoutchouc avec un manomètre à mercure et un ballon en caoutchouc. Le manomètre peut être à mercure, ou être un manomètre métallique de BOURDON. A l'aide du ballon, on gonfle l'anneau et on note la pression indiquée par le manomètre. Ensuite, on passe l'anneau sur la deuxième phalange d'un doigt ou sur la première phalange du pouce, et on augmente la pression dans l'anneau, en pressant le ballon, jusqu'à ce que le doigt devienne exsangue, car l'anneau comprime très fort l'artère digitale. On diminue petit à petit la pression qui existe dans l'anneau, jusqu'à ce que l'on commence à sentir des battements dans le doigt, et que celui-ci commence à rougir. La pression indiquée par le manomètre à ce moment-là est égale à la pression sanguine.

HIRSCH (1901) en faisant des recherches comparatives avec les sphygmomanomètres de BASCH et de GÄRTNER, a trouvé que le tonomètre de GÄRTNER est supérieur à l'appareil de BASCH.

III) Il existe des appareils construits sur le même principe que le sphygmomanomètre de POTAIN, mais dans lesquels l'écrasement de l'artère se fait sur le bras (artère humérale).

1. Dans le sphygmomanomètre de HILL, le bras est entouré d'un bracelet formé d'un tube en caoutchouc recouvert extérieurement d'une mince lame d'acier flexible. L'air contenu dans le bracelet est en communication avec un manomètre métallique et avec une pompe à air munie d'une valve. On introduit de l'air dans l'appareil jusqu'à la

disposition du poulx et on lit sur le cadran du manomètre la pression qui a produit ce résultat.

2. Le sphygmomanomètre de RIVA-ROCCI (1896) est constitué de la façon suivante :

Une bande hémostatique d'ESMARCH est appliquée autour du bras, vers son milieu, les muscles étant relâchés. On augmente la pression de la bande jusqu'au moment où le doigt de l'observateur ne perçoit plus les battements de la radiale. — La pression graduellement croissante de la bande est obtenue au moyen de l'insufflateur RICHARDSON. Cette bande est constituée par un manchon formé d'un tube creux de para, comme la chambre à air de la bicyclette, revêtu à l'extérieur par un fourreau de tissu inextensible. On gonfle le manchon qui est mis en communication avec un manomètre quelconque, à mercure ou métallique. Ce manomètre est placé entre la bande d'ESMARCH et l'insufflateur.

IV) On a essayé de mesurer la pression du sang à l'aide du sphygmographe. — Ainsi VIERORDT (1855) faisait le petit calcul suivant pour évaluer la pression dans l'artère radiale à l'aide de son sphygmographe : la surface de la plaque qui appuie sur l'artère étant de 12 millimètres carrés, le poids soulevé par chaque pulsation étant de 40 grammes, et la hauteur de soulèvement de ce poids, par chaque pulsation, étant de 0,23 millimètres environ, le travail effectué par une pulsation est de 9,2 grammillimètres. En augmentant le poids qui appuie sur l'artère jusqu'à l'écrasement de l'artère, on pourrait calculer la pression existant dans l'artère.

LUDWIG, un an après VIERORDT, montra que ce procédé ne peut pas donner la valeur réelle de la pression du sang. En effet, l'inégalité des artères introduit des erreurs dans ce genre de mesures, comme MAREY l'a démontré (1876). Ainsi, chez un même individu ayant les radiales de diamètres différents, on trouve à l'aide du sphygmographe des pressions différentes.

B. Mesures de la pression à l'aide des pléthysmographes. — 1) MAREY (1876) a essayé de mesurer la pression du sang chez l'homme par la valeur manométrique de la contre-pression qui empêcherait l'abord du sang dans les tissus. Pour cela, MAREY employa un cylindre, comme dans le pléthysmographe de Mosso, dans lequel le doigt seul est plongé dans le liquide. L'appareil se compose d'un tube qui reçoit le doigt enveloppé d'un petit sac de caoutchouc très mince qui se réfléchit sur les bords du tube et est fortement lié à l'extérieur de celui-ci. Un manchon de taffetas inextensible est lié par-dessus le caoutchouc qu'il empêche de faire hernie. Le tube rempli d'eau et bien purgé d'air est en rapport, d'une part avec un manomètre qui indique la valeur de la pression à laquelle le doigt est soumis, et d'autre part avec une pelote remplie d'eau qu'on peut comprimer plus ou moins.

Avec cet appareil, il est impossible, même en portant la contre-pression jusqu'à 28 et 30 cm. de mercure, d'éteindre les oscillations du mercure, et cependant ces chiffres sont certainement supérieurs à la pression du sang. Ces oscillations sont dues évidemment aux mouvements de totalité imprimés à l'appareil par les pulsations des tissus non immergés dans l'appareil. Ce procédé ne peut donc donner le maximum de la pression sanguine; mais il peut indiquer le point auquel la pression intérieure du sang et la pression intérieure de l'eau se font équilibre : c'est le moment où les oscillations du mercure sont à leur maximum d'amplitude.

2) Mosso (1893), au lieu de chercher la valeur de la pression extérieure qui empêche la circulation du sang dans une extrémité du corps, mesure à l'aide de son sphygmomanomètre la pression extérieure sous laquelle les pulsations des artères acquièrent le maximum de leur ampleur.

L'appareil de Mosso se compose de deux tubes de métal, longs environ de 160 millimètres et ayant 23 millimètres de diamètre. Ces tubes sont superposés et communiquent entre eux par leurs parties moyennes. Les quatre ouvertures de ces tubes sont fermées chacune par un doigt de gant en caoutchouc mince, dans lesquels on introduit le doigt annulaire et le médius de chaque main. On peut changer les doigts de gant, selon les dimensions des doigts qu'on examine.

Pour remplir ces deux tubes d'eau, on se sert d'une bouteille dont le fond est muni

d'une tubulure. Un robinet fait communiquer l'eau contenue dans les tubes métalliques avec un manomètre à mercure pourvu d'un flotteur inscripteur. On augmente la pression de l'eau contenue dans l'appareil à l'aide d'un piston.

3) HÜTHLE (1896), pour mesurer la pression du sang chez l'homme, dans l'avant-bras, commence par rendre la pression nulle dans les artères de ce membre, en l'anémiant par une bande élastique posée sur le bras et l'avant-bras. Ensuite l'avant-bras est introduit dans un cylindre qui communique avec un manomètre. On remplit d'eau l'espace compris entre l'avant-bras et la paroi du cylindre. En relâchant la bande élastique, le sang pénètre dans les artères. La pénétration du sang est empêchée par la masse incompressible d'eau qui n'a d'autre issue que vers le manomètre. La pression augmente dans le cylindre, et le sang ne peut pénétrer que tant que sa pression dans les artères est supérieure à la pression extérieure de l'eau; cette dernière donne la pression du sang. On peut enregistrer les oscillations de la pression.

Cette méthode permet de faire une expérience d'une durée assez longue et non pas seulement de courte durée, comme avec les méthodes de BASCH et de MAREY.

4) Voici la méthode de FREY (1896) pour la mesure de la pression du sang chez l'homme :

On enfonce la main dans du mercure; l'endroit de la main dans lequel on sent les pulsations indique la limite à partir de laquelle le sang ne pénètre plus dans les artères, la pression exercée par le mercure à la surface de ces points-là, étant égale à la pression du sang.

Par exemple, la main étant verticale, supposons qu'on l'enfonce dans du mercure jusqu'à la tête des métacarpiens; la hauteur du doigt donne la hauteur de la colonne de mercure égale à la pression du sang.

C. Mesures de la pression du sang dans les capillaires. — Voici le procédé de KRIES (1875) pour mesurer la pression du sang dans les capillaires : on applique sur la peau des lames de verre ayant une surface de 2 mm. 5 à 5 millimètres carrés et chargées de poids jusqu'à ce que la peau pâlisce. Ce qu'on mesure par ce procédé en réalité, ce n'est pas la pression réelle dans les capillaires, mais seulement l'excès de cette pression sur la tension des tissus et la contre-pression qu'ils exercent sur les capillaires.

Pour rendre exsangue la peau, BLOCH a imaginé de la comprimer à l'aide d'une tige métallique, entrant dans un étui qui contient un ressort à boudin. La tige se termine par un étrier d'acier dont la base est formée par un disque de verre de 8 centimètres de diamètre.

II

Sphygmographie.

Les appareils qui servent à enregistrer les pulsations des vaisseaux s'appellent *sphygmographes*, et les tracés obtenus : *sphygmogrammes* (σφυγμός = pouls; γραφή = écriture).

L'idée d'étudier le pouls autrement que par le toucher semble être très ancienne. L'histoire nous apprend que GALILÉE a construit un appareil (*pulsologie*) pour l'étude du pouls; malheureusement, nous ne savons pas en quoi consistait cet appareil.

KING (1837), ayant observé les oscillations imprimées à une jambe croisée par les battements de l'artère poplitée, eut l'idée de faire quelque chose d'analogue pour rendre évidents les mouvements d'expansion des veines du dos de la main. Pour cela il colla au moyen d'un peu de suif, près de la veine à explorer, la grosse extrémité d'un fil de verre ou de cire à cacheter étiré. Ce fil formait une sorte de levier dont l'extrémité fine amplifiait les petites impulsions reçues près de la grosse extrémité collée à la peau.

Le premier sphygmographe a été construit par VIERORDT (1835). En 1836, MAREY, en construisant un sphygmographe très pratique, mit entre les mains des physiologistes et des médecins un appareil grâce auquel la sphygmographie entra dans la pratique.

Depuis lors, de nombreuses formes de sphygmographes ont été imaginées; elles diffèrent par des détails de construction peu importants.

La forme de la pulsation peut être enregistrée chez les animaux, sans l'aide d'un sphygmographe proprement dit. — Pour cela, il suffit d'inciser un vaisseau et de recevoir le jet de sang qui s'en échappe sur la feuille de papier d'un enregistreur quelconque. Le jet de sang montant plus ou moins haut, selon la pression que le sang possède dans le vaisseau, son tracé sur le papier reproduira ces variations de hauteur. Le tracé ainsi obtenu peut être appelé un *hémautogramme*. Ce procédé, dans lequel le sang trace lui-même son graphique, a été appelé par LANDOIS, qui l'a imaginé : méthode hémautographique.

Les tracés obtenus avec de bons sphygmographes et les *hémautogrammes* sont identiques.

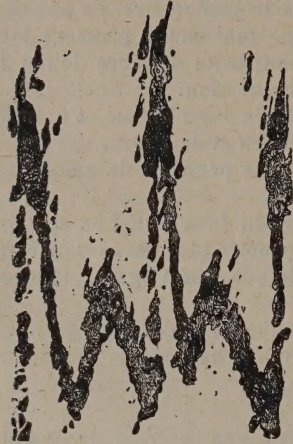


FIG. 136. — Tracé hémautographique du pouls.

§ I. — Sphygmographes directs.

Tous les sphygmographes se composent essentiellement d'un levier enregistreur qui reçoit les impulsions d'une artère. Le moyen le plus simple d'improviser un sphygmographe est le suivant :

On colle un brin de paille au voisinage d'une artère; la partie du brin de paille la plus rapprochée du point collé repose sur l'artère; l'extrémité libre porte, une plume qui inscrit sur une surface en mouvement recouverte de noir de fumée, les impulsions de l'artère.

En général, entre le levier enregistreur et l'artère, il existe une pièce intermédiaire qui sert à exercer différentes pressions sur la paroi artérielle. — La nécessité de cette pièce a été montrée par l'expérience. En effet, si on n'exerce aucune pression sur l'artère, les tracés

obtenus sont trop petits. — Dans certains sphygmographes, on exerce cette pression à l'aide d'un poids, dans d'autres, à l'aide d'un ressort.

A. Sphygmographes à poids. — Le *sphygmographe* de VIERORDT (1855) se compose d'un levier (*l*) qui peut tourner dans un plan vertical autour d'un axe horizontal. — Ce levier présente une tige verticale terminée par une plaque (*b*) ayant une surface de 12 millimètres carrés; cette plaque s'applique sur l'artère. — Le levier supporte deux petites cupules dans lesquelles on met des poids. En variant les poids, on varie la pression exercée par le levier sur l'artère, et par conséquent, la résistance opposée par le levier à son enlèvement pendant la pulsation artérielle. — On n'inscrit pas directement le mouvement en arc de cercle de l'extrémité du levier, mais on transforme ce mouvement en un mouvement vertical à l'aide d'un dispositif analogue à celui du parallélogramme de WATT. — Un second levier (*l'*), plus court que le premier, est articulé au premier levier au moyen des barres transversales contenues dans un cadre quadrangulaire (*p*). A l'extrémité inférieure de ce cadre est fixée une tige qui porte la pointe inscrivante. — Les tracés obtenus présentent une période ascendante égale à la période descendante. — Cet appareil a été modifié par ABERLE et BERTI.

L'*angiographe* de LANDOIS est aussi un appareil à poids. On place différents poids dans la coquille (*g*) qui est dans le prolongement de l'axe relié à la pelote qui appuie sur l'artère. — Cette pelote (*p*) soulève une tige dentée qui s'articule avec une roue dentée fixée sur l'axe du levier (comme dans l'appareil de MAREY). — La plume présente un dispositif qui permet d'avoir l'inscription rectiligne; une épingle coudée (*n*) est attachée par une articulation : son propre poids la fait pendre; elle se déplace devant une plaque noircie qui est en mouvement derrière elle.

Le *sphygmographe* de SOMMERBRODT (1876) n'est qu'une modification de l'appareil précédent. — Dans cet appareil, le poids est mobile sur le levier, ce qui fait qu'on peut connaître et faire varier exactement la pression qu'on exerce sur l'artère.

Dans le *sphygmographe* de BAKER (1867), la pulsation est immédiatement transmise

au levier. — Cet appareil se compose d'un levier d'aluminium ou d'acier, fixé par un axe très délicat à l'extrémité inférieure d'une vis supportée par un support de bois. Sur ce levier agit la pelote qui appuie sur l'artère. La pression sur l'artère est exercée par un poids mobile sur le levier. — L'inscription se fait par une plume à encre, fixée au levier. — Au support se trouve fixé un petit mécanisme d'horlogerie.

HOLDEN (1870-73) a construit aussi un sphygmographe à poids et à inscription à encre. Dans cet appareil, l'enregistrement se fait sur une bande de papier se déplaçant horizontalement.

Le *sphygmographe* de BRONDEL (1879) est un appareil de MAREY dans lequel le ressort a été remplacé par un simple levier en cuivre, rigide, inerte et très léger, qui suit, d'après l'auteur, fidèlement et passivement les mouvements de l'artère. — Sur ce levier, qui est gradué, il y a un poids mobile (couvreur). On varie la pression exercée sur l'artère en variant la position de ce couvreur.

Il en est de même dans le *sphygmographe* de PHILADELPHIEN, dans lequel l'inscription se fait à l'encre sur une bande de papier longue d'un mètre.

Le *sphygmographe* de RICHARDSON (1885) n'est qu'un sphygmographe de DUDGEON, modifié de la façon suivante : la lame-ressort de ce dernier appareil, dont on trouvera plus loin la description, a été remplacée par une tige d'acier sur laquelle un poids peut être déplacé (comme le poids de la tige d'un métronome). Un cylindre à roues dentées appuie sur la bande de papier en mouvement et trace des lignes horizontales, composées de petits traits discontinus ; ces lignes servent de repère dans l'étude du tracé.

Parmi les sphygmographes à poids, citons encore l'appareil de MARAGE (1889) dans lequel l'enregistrement se fait sur le noir de fumée à l'aide d'un jet liquide, qui donne de grands tracés.

B. Sphygmographes à ressort. — I. Le *sphygmographe* de MAREY (1856), qui a servi de type à de nombreux appareils, se compose d'un cadre métallique rectangulaire qui se place sur l'avant-bras, au-dessus de l'artère ; ce cadre est maintenu à l'aide de deux

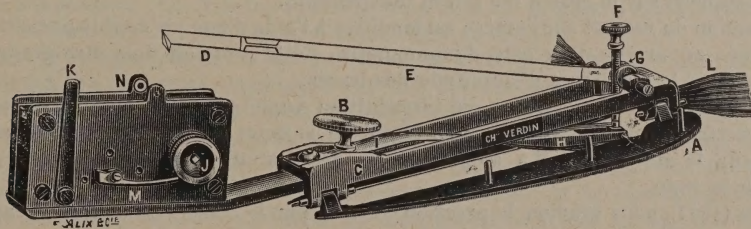


FIG. 137. — Sphygmographe direct de MAREY.

demi-gouttières latérales réunies par un lien. — Une lame ressort, fixée par une de ses extrémités à l'un des petits côtés du cadre, porte à son extrémité libre un bouton d'ivoire qui s'applique sur l'artère. Une vis permet de graduer la pression du ressort sur l'artère. De la partie supérieure du bouton s'élève une petite tige (en forme de vis) qui s'engrène avec une roue dentée qui supporte un levier enregistreur. Ce levier est très léger et très long. La pulsation de l'artère soulève le bouton d'ivoire ; ce soulèvement est transmis par l'engrenage au levier enregistreur qui inscrit ses mouvements sur une plaque verticale recouverte d'une feuille de papier noircie. Cette plaque se meut parallèlement à la longueur du levier. Un mécanisme d'horlogerie contenu dans une petite boîte, fixée au cadre support du sphygmographe, commande le mouvement de la surface enregistrante. La durée du déplacement de la plaque est de 10 secondes (12-15 millimètres par seconde).

Le dispositif de liaison du ressort avec le levier enregistreur n'existait pas dans le sphygmographe primitif de MAREY. Cet engrenage de tige en forme de vis et de roues dentées a été employé aussi par BÉHIER.

Voici, d'après un dessin de MACH, quel était au début le dispositif du sphygmographe de MAREY. Le levier inscripteur (*h*) mobile autour de l'axe (*a*) joue sur un couteau (*s*) qui se trouve à l'extrémité d'une pièce métallique (*st*). L'autre extrémité de cette pièce mé-

tallique s'appuie sur un fort ressort coudé (f^1) qui porte la pelote (f). Les mouvements de la pelote sont transmis au levier au moyen d'une vis (sch) qui traverse la pièce (st) et qui est mise sur la pelote une fois que celle-ci a été bien placée sur l'artère. Pour que le levier soit mieux en contact avec le couteau, un petit ressort (f^2) appuie sur le levier.

Le *sphygmographe* de MACH (1863) n'est qu'une modification de l'appareil de MAREY. Dans cet appareil, le levier inscripteur est articulé directement, par une pièce intermédiaire avec le ressort qui porte la pelote. La position du levier est réglée à l'aide d'une

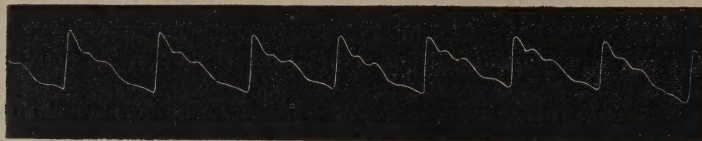


FIG. 138. — Tracé de l'artère radiale obtenu à l'aide du sphygmographe de MAREY.

vis sur laquelle se déplace le support de l'axe du levier. — L'inscription se fait sur une plaque mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

Le *sphygmographe* de BÉHIER diffère du *sphygmographe* de MAREY par les parties suivantes :

1° Le levier est indépendant, de façon à ne plus porter sur le bras au moment de l'application et à ne plus être influencé par cette pression première dans des proportions inconnues;

2° Une vis armée d'ailettes commande un plateau gradué qui permet de mesurer la pression du levier sur l'artère;

3° Le chariot est plus long et sa course est assurée par une tige à poulie;

4° Le support sur le bras a été rendu indépendant.

La pression du ressort sur l'artère est modifiée à l'aide d'une vis dont la pression peut être évaluée au moyen d'un petit dynamomètre. Cette pression doit être graduée de façon à obtenir le maximum d'amplitude des tracés.

Le *sphygmographe* de MAREY a été introduit en Angleterre par ANSTIE et SANDERSON, et a été perfectionné par BERKLEY HILL (1866) de la façon suivante : il a mis un petit coussin sur le support, et il a ajouté une bande élastique qui passe au-dessus de la paume de la main.

FOSTER (1867), pour graduer la pression exercée par le ressort du *sphygmographe* de MAREY, a fixé à la vis un index qui se déplace sur un cercle gradué.

BURDON-SANDERSON a fait construire par MEYER un *sphygmographe* qui diffère peu de celui de MAREY. Ces différences portent sur la façon dont on varie la pression que le ressort exerce sur l'artère. SANDERSON a fixé le bouton qui presse sur le ressort à une pression fixe de 300 grammes, supposée suffisante même pour les pouls les plus résistants. Quand il voulait diminuer la pression, il mettait des blocs de différentes épaisseurs entre le poignet et le *sphygmographe*, et vissait en bas l'extrémité libre du ressort à un degré correspondant. La mesure de la distance de séparation entre l'appareil et le bras donne la mesure de la pression.

Dans le *sphygmographe* d'ANSTIE (1868), on retrouve le même principe du procédé de variation de la pression exercée sur l'artère que dans l'appareil de SANDERSON; seulement, on a remplacé ici les blocs gradués, qui manquent de précision, par un appareil spécial qui règle l'extension de l'extrémité libre du ressort par l'élévation du *sphygmographe*. — En mesurant la distance qui se trouve entre le ressort (tactile) et la tige horizontale en bronze qui est immédiatement au-dessous, avant et après la réduction de la pression, on obtient deux chiffres. Leur rapport indique la pression qui répond aux courbes maximales.

Le *sphygmographe* de MAYER et MELTZER est un *sphygmographe* de MAREY posé *transversalement* sur le bras. Son support est formé par deux moitiés de bracelet recouvertes d'ouate, pouvant s'approcher ou s'éloigner, ce qui fait que l'appareil peut être ap-

pliqué aussi à un enfant. — La pression sur le ressort est réglée à l'aide d'une roue qui agit, quand on la tourne, par l'intermédiaire d'un coin qui appuie sur le ressort. — On peut faire, facilement, au moyen d'une vis, l'ajustement de l'appareil au poulx, même quand il y a déjà fixation au bras. — La longueur de l'appareil, étant donnée sa position transversale, est moindre que celle du sphymographe de MAREY.

Le *sphymographe* de MAHOMED (1872-73) diffère très peu de l'appareil de MAREY. La pression sur le ressort est exercée au moyen d'un excentrique, les pressions sont lues sur un disque.

Dans l'appareil de STONE (1875), il y a une table support pour le bras. L'inscription se fait sur une plaque de verre enfumée. Le style inscripteur est en aluminium. Il n'y a pas de levier intermédiaire entre le ressort et l'index; il est remplacé par une vis fixée au ressort et engrenant avec les dents d'une petite roue, qui est fixée à l'arbre de l'index. L'index est équilibré par un ressort hélicoïdal formé par un fil en acier. Ce ressort spiral est attaché par deux fils de soie, dont une extrémité est fixée à l'arbre de l'index, et l'autre au ressort. L'indicateur est aussi maintenu entre deux ressorts, ce qui fait qu'il n'y a pas d'erreurs.

THANHOFFER a modifié aussi l'appareil de MAREY.

Le *sphymographe* de v. FREY se compose d'un support double : l'un qui se fixe sur l'avant-bras, et l'autre qui supporte le sphymographe proprement dit. Le premier, en forme de cadre dont les deux côtés longitudinaux sont des rails, est attaché à l'aide d'un ruban à l'avant-bras; sur les rails de ce support peut glisser le second support qui porte le ressort en forme de lame qui appuie sur l'artère. Ce second cadre est fixé au premier, à l'aide d'une vis, quand le bouton du ressort est bien placé sur l'artère. Le ressort qui appuie sur l'artère présente une vis de réglage de la pression. La transmission du mouvement du bouton au levier enregistreur se fait comme dans le sphymographe de MACH, à l'aide d'une pièce intermédiaire articulée, avec cette différence toutefois que cette pièce n'est attachée au bouton que quand ce dernier est bien placé sur l'artère. L'inscription se fait sur un petit cylindre mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Ce cylindre peut être rapproché de la plume enregistreuse à l'aide d'une vis sans fin. Un petit électro-aimant inscrit le temps.

Dans le *sphymographe* de LONGUET (1868), la pièce principale est une tige verticale terminée à son extrémité supérieure par une potence supportant un fil qui s'enroule autour d'un axe mobile, et à son extrémité inférieure par une très petite plaque qui doit être en contact avec la peau. Un double ressort, appuyé sur cette tige, la ramène de haut en bas quand le choc artériel l'a soulevée de bas en haut. Sur un axe mobile est fixée une roue à laquelle chaque mouvement vertical de la tige fait décrire un arc de cercle en rapport avec la hauteur du mouvement principal. La tige transmet à une aiguille mobile un mouvement par lequel est indiquée la pression de la plaque sur l'artère et la force de projection de la pulsation. Une plume ordinaire, terminée par une tige articulée et soudée à une pince à pression continue, s'applique sur la roue et suit son mouvement. Elle décrit un trait horizontal quand la tige principale décrit un mouvement vertical.

Le papier passe entre deux cylindres qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner l'un sur l'autre. La bande de papier est longue de un mètre environ. La vitesse d'entraînement du papier est plus grande que dans le sphymographe de MAREY. La partie du papier sur laquelle se fait l'inscription est appliquée sur le mouvement d'horlogerie et celui-ci est mû par une vis plantée dans un socle de bois. Sur ce socle deux supports mobiles servent à maintenir le bras, sans que celui-ci subisse aucune pression. On abaisse l'appareil comme une crémaillère. La plume est très maniable : on peut l'élever, sa branche fixe peut être raccourcie ou allongée. Cet appareil est en même temps un dynamomètre.

Le *sphymographe* de VAUGHAN (1888) se compose d'une table support, d'une gouttière pour le bras, de la partie essentielle du sphymographe de MAREY et d'une plume en verre à encre qui inscrit sur une bande de papier qui passe transversalement sur le bras. Le papier, enroulé sur un cylindre vertical, va s'enrouler sur un autre cylindre mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Un des cylindres est placé à droite du bras, l'autre à gauche. Derrière la bande de papier se trouve une petite

plaque métallique, sur laquelle se fait l'inscription. Quand la plume est lancée trop haut, elle touche un ressort qui se trouve au-dessus.

Le *sphygmographe* de HOLDEN (1873) est aussi un appareil à encre. Dans cet appareil l'inscription se fait horizontalement sur une bande de papier qui se déplace dans la direction de l'axe du bras. Le mouvement d'horlogerie est contenu dans la boîte en bois du support, qui s'attache par un lacet au bras. Le ressort qui appuie sur l'artère présente une courbure spéciale qui permet d'avoir le mouvement du levier inscripteur dans un plan horizontal. Pour la pression, on a une vis avec un disque gradué.

Pour les expériences de longue durée, faites dans les laboratoires, on n'emploie pas des *sphygmographes* qui enregistrent les pulsations sur des surfaces solidaires de l'appareil, mais sur n'importe quel cylindre enregistreur. Citons, parmi les appareils de ce genre, le *sphygmographe* de LUDWIG (construit par PETZOLD).

Dans cet appareil, le levier enregistreur ne se déplace pas dans un plan vertical et parallèle à l'axe de l'avant-bras, mais dans un plan perpendiculaire à cette direction. Le levier faisant saillie sur le côté externe de l'avant-bras peut être facilement approché d'un cylindre enregistreur. Le levier porte à son extrémité un dispositif spécial qui transforme ses mouvements en arc de cercle en mouvements rectilignes. Le bouton du ressort qui appuie sur l'artère est relié au levier enregistreur au moyen d'un dispositif analogue à celui qui existe dans l'appareil de MAREY.

Le bras sur lequel on pose le *sphygmographe* est fixé dans un support, et la main sert une poignée de bois. Le cadre est attaché au moyen d'un lacet.

II. Le *sphygmographe* de DUDGEON est remarquable par ses petites dimensions (6 centimètres dans tous les sens) et par la commodité de son application. Cet appareil se compose d'un petit cadre auquel est fixé un ressort réglable à l'aide d'un disque mobile autour d'un excentrique. Les mouvements de la pelote fixée au ressort sont d'abord transmis au levier angulaire, par l'intermédiaire d'une attache annulaire; ensuite, du levier, par l'intermédiaire de l'attache au levier angulaire. Un contrepoids assure le contact de ces pièces. La pointe inscrivante, qui repose par son poids sur la surface du papier, est reliée par une articulation à l'extrémité du levier. Un mécanisme d'horlogerie, placé dans une boîte fixée sur le côté postérieur du cadre, met en mouvement des galets qui entraînent une bande de papier noirci. Le mécanisme d'horlogerie peut marcher pendant deux minutes de suite.

Le *sphygmographe* de DUDGEON, de même que le *sphygmographe* de MAREY, a servi de type à de nombreux appareils.

VAN SANTVOOD (1885) a placé, sur la courroie qui fixe l'appareil de DUDGEON au poignet, un petit tourniquet qui permet de mieux placer l'appareil.

JAQUET (1890) a construit un *sphygmographe* de précision sur le type de l'appareil de DUDGEON. Dans l'appareil de JAQUET, un dispositif spécial permet d'avoir l'enregistrement du temps (des demi-secondes); un autre dispositif permet de varier la vitesse de translation du papier. Celui-ci peut se déplacer soit avec la vitesse de quatre centimètres par seconde, soit avec la vitesse d'un centimètre par seconde.

Récemment JAQUET (1902) a modifié les leviers de son *sphygmographe*, qui étaient semblables à ceux de l'appareil de DUDGEON. Les leviers de l'appareil de DUDGEON, étant peu solidaires entre eux, ne donnent pas des tracés fidèles; l'inertie des pièces déforme considérablement la forme des pulsations. Il n'en est plus de même avec le nouvel arrangement des leviers fait par JAQUET. Dans cet arrangement, la transmission des mouvements du levier coudé au levier enregistreur se fait à l'aide d'un petit engrenage; le levier coudé, au lieu d'être complètement rigide, est en partie élastique, grâce aux lames-ressorts intercalées sur la branche horizontale et sur la branche verticale. Par suite de ce dispositif, la solidarité des pièces est grande, et les tracés obtenus sont remarquables par leur fidélité.

Une partie de l'appareil de DUDGEON, le dispositif à faire progresser une bande de papier, a été adopté dans plusieurs appareils. Ainsi PETZOLD l'a ajouté au support du *sphygmographe* de LUDWIG, que nous avons décrit précédemment.

III. Le *sphygmographe* d'EDÉS (1888) ressemble à celui de POND (dont on verra la

description plus loin); il en diffère par l'absence de liquide et de la membrane en caoutchouc. Une tige métallique, portant la pelote qui appuie sur l'artère, glisse dans un tube ressort terminé par un pied élargi. Ce tube est supporté par un petit ressort qui sert à varier la pression et non pas à la mesurer. Ce tube, à son tour, glisse dans un autre qui sert de base à l'appareil. La tige qui porte la pelote agit sur un levier coudé qui transmet ses mouvements à une légère plume de bois qui inscrit ses mouvements sur une bande de papier enfumée. Le papier est entraîné horizontalement par un mécanisme d'horlogerie qui se trouve à l'extrémité supérieure de l'appareil, en haut, comme dans l'appareil de POND.

Cet appareil présente l'avantage que la position de la plume sur le papier est elle-même une indication de la pression; de plus, la pression peut être variée pendant que le papier est en mouvement.

IV. L'*angiomètre* ou *sphygmographe* de HÜRTLE se compose d'une tige présentant à une de ses extrémités une petite plaque qui repose sur l'artère nue ou recouverte de tissus. A l'autre extrémité de la tige, et faisant un angle droit avec elle, il y a une lame-ressort en acier. Ce ressort est fixé à l'extrémité d'une lame-support recourbée de telle façon que son extrémité qui ne porte pas le ressort vient juste en face de la tige. A cette extrémité se trouve fixée une plume enregistrante qui trace l'axe des abscisses; en même temps cette extrémité sert de support à l'axe d'un levier enregistreur auquel la tige qui repose sur l'artère transmet ses mouvements. Toujours au même point de la lame-support recourbée se trouve une tige-support qui va dans une direction opposée à celle de la tige qui repose sur l'artère; cette tige traverse une plaque-support et porte un index. A l'aide d'une vis, d'un écrou et d'un ressort à boudin, on fait descendre ou monter la tige-support qui porte tout le système décrit précédemment. La position de l'index de la tige donne la mesure de ces déplacements.

Tout l'appareil est porté par un support spécial qui permet de donner à l'appareil n'importe quelle position. La pression de la lame-ressort sur la tige qui appuie sur l'artère est réglée à l'aide d'une vis.

Quand on veut étudier les mouvements et la pression d'une artère dénudée, on adapte à cet appareil une gouttière dans laquelle on place l'artère.

C. **Sphygmographe à ressort et à poids.** — Il y a des sphygmographes qui sont à la fois des appareils à poids et à ressort. Citons comme exemple de ce genre d'appareil le *sphygmoscope* de MOROKHOVETZ, qui peut servir à la fois de *sphygmographe* et de *sphygmomètre*.

§ II. — *Sphygmographes à transmission.*

A. **Sphygmographes à transmission à air.** — On peut inscrire à distance les pulsations artérielles, en procédant de la façon suivante : on appuie simplement avec le doigt sur l'artère un tube en caoutchouc relié à un tambour inscripteur ou à un piston-recorder. C'est ainsi qu'a procédé BLIX.

Cette méthode est très grossière et ne donne de bons résultats que pour les pulsations très fortes. Généralement on emploie des sphygmographes spéciaux qui diffèrent entre eux par l'arrangement du tambour explorateur.

I. Le *sphygmographe à transmission* de MAREY, le plus répandu des sphygmographes, peut être considéré comme le type de tous les sphygmographes à transmission. Cet appareil est tout à fait semblable au sphygmographe direct : seulement le ressort qui appuie sur l'artère, au lieu d'être en relation avec une plume inscrivante, est en relation avec la membrane d'un tambour à air. La position du tambour était, dans le type primitif, verticale; plus tard, MAREY a placé le tambour horizontalement, de façon que, entre la membrane et le ressort qui appuie sur l'artère, il y ait un contact plus intime.

Le support du tambour a subi différentes modifications de la part de constructeurs : VERDIN, ZIMMERMANN, etc.

Le *sphygmographe* de MEURISSE (1874), construit par MATHIEU, se compose d'une petite plaque métallique surmontée d'une tige terminée en pointe. A cette tige est attachée la

portion horizontale d'un ressort recourbé qui vient se continuer par son autre extrémité avec une plaque beaucoup plus grande et qui repose sur un morceau de cuir destiné à être attaché. Cette dernière plaque n'est pas entière, elle est coupée en son milieu pour donner passage à la plaque qui s'applique sur l'artère. La grande plaque-support porte sur ses parties latérales deux colonnes munies de dents à crémaillère. Le tambour à air de MAREY est porté par deux colonnes latérales creuses qui peuvent être introduites dans les colonnes pleines; une vis fait descendre le tambour au moyen de la crémaillère. L'appareil enregistreur contenu dans le couvercle de la boîte de l'appareil est mis en mouvement par un poids. Une bande de papier passe entre deux poulies. Inscription à l'encre (BREGUET), par la plume du tambour.

On peut enregistrer aussi, à l'aide de cet appareil, les pulsations du cœur, de la carotide ou d'un anévrysme. Il est léger et facile à appliquer.

Il en est de même du *pansphygmographe* de BRONGEEST (1873). Cet appareil se compose d'un tambour de MAREY sur la membrane duquel est collé un petit disque de bois avec un bouton. Le tube pour la sortie de l'air du tambour est mobile dans un manchon; ce tube peut être fixé à l'aide d'une vis. Le manchon est fixé à un support métallique en forme d'étrier, qui peut être attaché à l'aide d'un ruban. Quand le support est bien placé, on descend le tambour jusqu'à ce qu'il exerce une pression convenable sur l'artère.

L'appareil de KNOLL et GRUNMACH est une modification de l'appareil MATHIEU et MEURISSE; il présente comme lui un ressort intermédiaire entre l'artère et le tambour.

Le *sphygmographe* de CHAPMANN est analogue au sphygmographe direct de LUDWIG, seulement le levier inscripteur est remplacé par un tambour à air de MAREY.

Le *sphygmographe* de FLEMING se compose d'un tambour avec bouton qui appuie sur l'artère. Le support du tambour présente un dispositif spécial qui fait qu'un des rubans d'attache passe sur la paume de la main, entre le pouce et l'index.

Le *sphygmographe* d'EDGREN (1889) est aussi très simple; un tambour à bouton seulement dont le tube de communication avec le tambour enregistreur passe dans un manchon qui se trouve à l'extrémité supérieure d'une grande vis. Cette vis, qui sert de support, est attachée par un ruban à l'avant-bras. En tournant un écrou qui se trouve en bas sur la vis, on fait monter ou descendre le tambour, et on règle par là sa position sur l'artère.

La *pince sphygmographique* de LAULANIÉ se compose d'un fléau de balance. L'un des bras du fléau appuie sur l'artère, l'autre est en relation avec un tambour à air. Un ressort à boudin, attaché au fléau de balance, permet de régler la pression exercée sur l'artère.

Le *sphygmographe* de HÜRTLE (1898) est très simple. Le support est une sorte de pince dont les deux branches courbes embrassent l'avant-bras. L'articulation de ces deux branches est à charnière serrée par une vis. Une des branches de cette pince sert de support au tambour explorateur à air. La membrane de caoutchouc de ce tambour est très épaisse, entre elle est l'artère radiale, il n'y a pas de ressort métallique. La tige qui porte le bouton qui appuie sur l'artère est fixée à la membrane.

Le *sphygmographe* de MARIETTE POMPILIAN (1^{er} modèle) se compose d'un cadre-support, semblable à celui du sphygmographe de MAREY, qui s'attache au poignet à l'aide d'un ruban. Ce cadre supporte un levier rigide à deux bras. Le long bras du levier porte le bouton qui appuie sur l'artère et qui est relié au tambour à air. Un ressort à boudin est attaché au petit bras du levier. En faisant varier à l'aide d'une vis la longueur du ressort, on varie la pression exercée par le levier sur l'artère. Un index, porté par l'extrémité supérieure du ressort, indique, sur une tige graduée, la valeur de la pression exercée sur l'artère.

Le *sphygmographe* de MARIETTE POMPILIAN (2^e modèle) se compose d'un support pour le poignet. Ce support est formé de plusieurs pièces réglables permettant d'adapter l'appareil à des poignets de grosseur variable. Sur le cadre supérieur du support se trouve placé un cadre mobile dans les directions antéro-postérieures et latérales. Sur ce cadre mobile est fixée une vis qui porte le sphygmographe proprement dit, composé d'un levier rigide, muni d'un ressort à boudin et d'un tambour à air pourvu d'un dispositif spécial permettant de faire varier la tension de la membrane de caoutchouc.

II. Les pulsations de l'artère carotide sont enregistrées à l'aide de sphygmographes dont le support présente une forme spéciale.

Dans le *sphygmographe carotidien* d'EDGREN le support présente la forme d'un arc métallique qui entoure la moitié du cou. Une des extrémités de cet arc porte un petit coussin sur lequel repose la nuque, l'autre extrémité porte un tambour à air. La tige collée à la membrane du tambour présente un bouton qui appuie sur la région carotidienne. Le petit coussin sur lequel repose la nuque est porté par une vis. En tournant cette vis, on fait monter ou descendre le coussin, ce qui permet d'adapter l'appareil à tous les cous.

Dans l'appareil de HÜRTHLE, le support du tambour prend son point d'appui sur le front.

III. Pour enregistrer les pulsations des veines, on peut employer tout simplement, comme l'a fait BUISSON, un petit entonnoir, appliqué sur la région qu'on veut explorer, par exemple sur la région sus-claviculaire quand on veut enregistrer les pulsations de la jugulaire. Le petit entonnoir est mis en relation, par l'intermédiaire d'un tube, avec un tambour enregistreur de MAREY.

Le *sphygmographe veineux* de FRANÇOIS-FRANCK se compose d'une boîte à coussin, sur lequel repose la nuque. Cette boîte forme le pied de l'appareil; à une de ses extrémités est vissée une tige verticale qui supporte l'explorateur veineux. Celui-ci est constitué par un petit tambour à air dont la membrane très souple supporte un petit disque auquel est appendue la tige exploratrice qui appuie sur la jugulaire. Une articulation à double noix permet de faire l'application de l'appareil perpendiculairement à la jugulaire.

B. Sphygmographes à transmission liquide. — NAUMANN a transformé le sphygmomètre d'HÉRISSON en appareil enregistreur, et lui a donné le nom impropre de *hémodynamomètre*. On sait que le sphygmomètre d'HÉRISSON se compose d'un tube, rempli de mercure, évasé à sa partie inférieure qui est fermée par une membrane de parchemin.

Le *sphygmomètre enregistreur* de KEYT (1874) se compose aussi d'une partie analogue au sphygmomètre d'HÉRISSON. Cette partie qui repose sur l'artère est reliée par un tube plus ou moins court avec la partie médiane d'un tube horizontal. Ce dernier est recourbé à une de ses extrémités qui se présente sous la forme d'un tube vertical gradué; à l'autre il est fermé par une membrane élastique, qui est reliée à un levier inscripteur. Tout le système est rempli d'un liquide. KEYT, dans ses premiers appareils, employait l'eau; plus tard il a employé de l'alcool. Les hauteurs de la colonne liquide contenue dans le tube donne la mesure de la pression artérielle. Les pulsations reçues par la membrane qui ferme le petit entonnoir qui repose sur l'artère sont transmises par l'intermédiaire de la colonne liquide à la membrane qui ferme une des extrémités du tube. La plume enregistreuse inscrit ces mouvements sur une plaque de verre enfumée, placée verticalement et mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

Le *compound sphygmograph* de KEYT se compose de deux appareils, semblables à celui que nous venons de décrire, fixés sur un même support. Les plumes enregist-

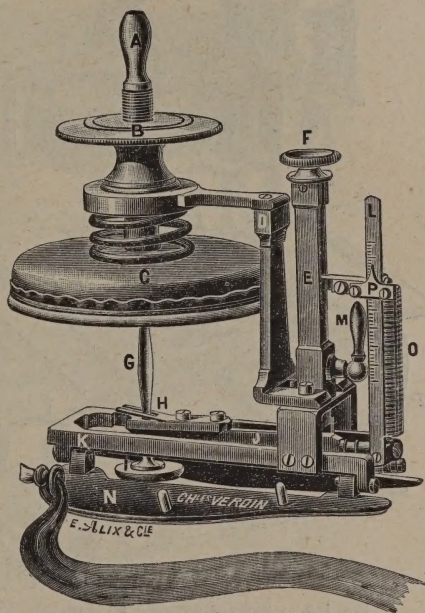


Fig. 139. — Sphygmographe à transmission de MARIETTE POMPILIAN.
(1^{er} modèle.)

trantes sont superposées; on a ainsi l'inscription simultanée des pulsations de deux artères, ou des battements du cœur et des artères. Sur la surface enregistrante un chronographe inscrit le temps.

Le *sphygmographe* de POND (1877) est formé essentiellement par un tube plein de liquide et fermé à sa partie inférieure par une membrane en caoutchouc qu'on applique sur l'artère. Sur le liquide se trouve un flotteur qui, par l'intermédiaire d'une tige et d'un levier, communique les mouvements du liquide à une plume enregistrante placée horizontalement, sur une bande de papier qui se déplace transversalement à la droite du bras. Le mouvement d'horlogerie se trouve à la partie supérieure de

l'appareil. On varie la pression exercée sur l'artère en serrant une vis qui se trouve entre les deux branches d'une sorte d'étrier qui emboîte le poignet et qui sert de support à l'appareil. La pression est lue sur un disque placé à la partie inférieure du support sur le côté externe du poignet. Cet appareil, dans son ensemble, est petit et peut être tenu à la main.

RICHARDSON (1880) a ajouté un microphone à cet appareil et l'a transformé en *sphygmophone*. On peut donc voir et entendre en même temps les pulsations.

Le *sphygmographe* d'OZANAM se compose de trois éléments : un moteur, un cylindre et un sphygmoscope à mercure. L'ampoule qui s'applique sur l'artère communique par un tube de caoutchouc avec un tube de verre. Tout le système est rempli de mercure. Le flotteur est muni à sa partie supérieure d'une

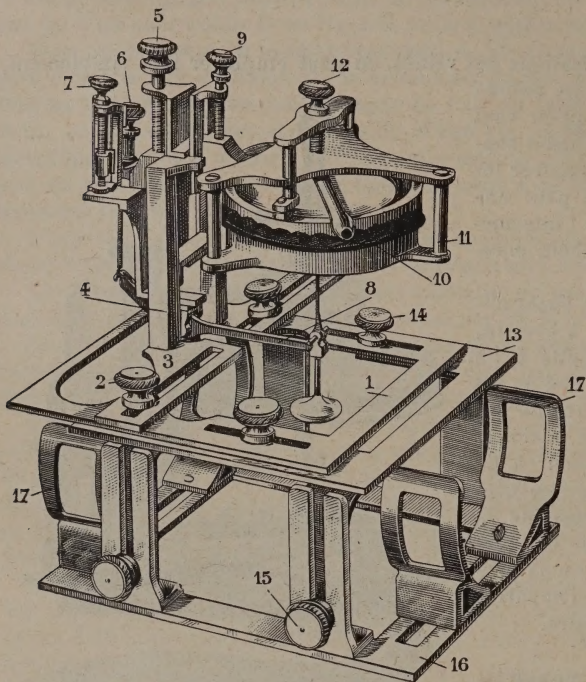


FIG. 140. — Sphygmographe de MARIETTE POMPILIAN (2^e modèle.)

aiguille en acier qui inscrit le tracé sur une feuille de papier enroulée sur le cylindre. Un aimant vertical, soutenu par une pince, plonge dans le cylindre creux et attire à travers les parois l'aiguille d'acier qui s'applique sur le papier sans que sa mobilité soit gênée.

Le *sphygmographe différentiel* d'OZANAM (1886) se compose de deux petites ampoules de verre, une pour l'artère, l'autre pour la veine. Ces ampoules sont accouplées au moyen d'une double bague métallique; elles sont recouvertes de minces membranes de caoutchouc. Les branches terminales des ampoules sont prolongées, comme dans le sphygmographe simple, par des conduites de caoutchouc et des tubes à flotteur. Les deux systèmes sont remplis de mercure. L'inscription des mouvements se fait sur un cylindre enregistreur.

Parmi les sphygmographes à eau, citons encore les appareils de BASCH, de ZADEK, etc.

C. Sphygmographes électriques. — Pour mesurer exactement la durée de la systole et de la diastole artérielles, CZERMAK a employé l'électricité de la façon suivante : il a adapté des contacts électriques, soit au sphygmomètre perfectionné d'HÉRISSE, soit aux appareils de VIERORDT ou de MAREY. L'enregistrement, à l'aide d'un électro-aimant, des fermetures et des ruptures du courant, permettait de mesurer la durée de chacune des phases du pouls.

§ III. — Enregistrement photographique des pulsations.

Voici comment on a employé la photographie à l'enregistrement des pulsations artérielles :

CZERMAK plaçait sur l'artère la petite extrémité d'un miroir mobile autour de son axe horizontal; un rayon lumineux était réfléchi par le miroir. Entre le miroir et la surface sensible, il y avait un écran percé d'une fente verticale, de sorte que le rayon lumineux ne pouvait tracer sur la surface enregistrante qu'une ligne verticale quand la surface enregistrante était fixe; quand cette dernière se déplaçait, CZERMAK obtenait la courbe de la pulsation.

STEIN (1877) a employé aussi le procédé de CZERMAK; seulement, dans ses recherches,

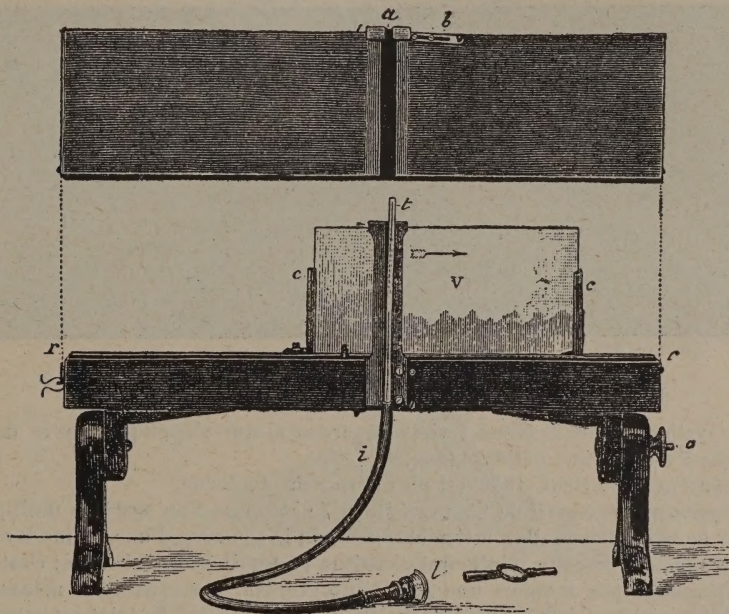


FIG. 141. — *Sphygmographe photographique* d'OZANAM. — La chambre noire est représentée relevée; elle s'abaisse en *rr* quand l'expérience commence. La fente (*a*) de la chambre noire peut être rétrécie ou élargie à l'aide de la pièce *b*. L'ampoule artérielle *l* est reliée par le tube *t* au tube de verre *t*. La plaque sensible *V* placée dans les montants *cc* se déplace dans le sens de la flèche.

le miroir était fixé par l'intermédiaire d'une tige à un ressort, qui servait à faire varier la pression exercée sur l'artère.

BERNSTEIN (1890) a collé un petit miroir à la peau de la région carotidienne. Le rayon réfléchi par ce miroir pénétrait dans une chambre obscure, en passant par des lentilles qui concentraient la lumière sur la surface d'un cylindre enregistreur; il obtenait ainsi une image très nette. Le rayon lumineux, comme dans la méthode de CZERMAK, était interrompu toutes les deux secondes à l'aide d'un métronome.

COWL (1900) a photographié les mouvements du bord lumineux d'un petit écran placé perpendiculairement sur l'artère radiale. La chambre photographique était placée sur les rails de glissement d'un myographe à ressort.

Les *photogrammes* obtenus montrent nettement l'existence du diastolisme.

OZANAM a employé aussi le procédé photographique pour enregistrer les mouvements de la colonne mercurielle de son sphygmographe. La feuille de papier sensible, animée d'un mouvement transversal, était renfermée dans une chambre noire portable, percée d'une fente correspondant au tube dans lequel oscillait le mercure.

LANDOIS a construit un *sphygmographe à gaz*, basé sur le procédé de KLEMENSIEVICZ

et GERHARDT. Les pulsations sont transmises au gaz renfermé dans une capsule manométrique; le gaz est allumé à sa sortie, comme dans l'appareil de KOENIG. Les oscillations de la flamme sont photographiées.

§ IV. — Sphygmographie digitale.

Le *sphygmographe digital*, ou *onychographe*, est un instrument qui donne les pulsations des petits vaisseaux d'une extrémité digitale placée entre un support et l'appareil qui repose sur l'ongle.

Le *sphygmographe totalisateur* de FR.-FRANCK (1881) rentre dans cette catégorie de la sphygmographie volumétrique. Cet appareil se compose d'un levier amplificateur for-

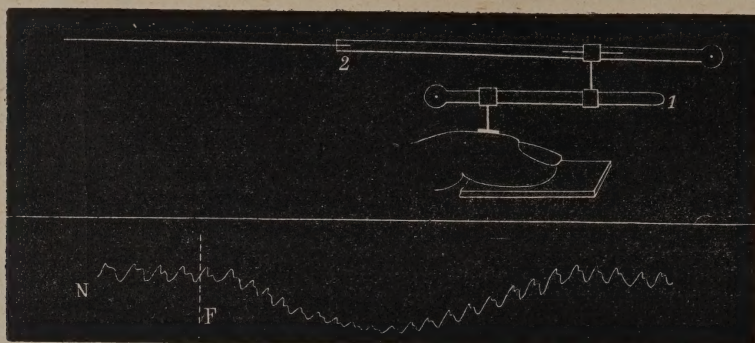


FIG. 142. — Sphygmographe totalisateur de FRANÇOIS-FRANCK.

mant un système articulé (deux leviers superposés) qui s'applique sur le dos d'une phalangette à l'aide d'une petite plaque.

L'*onychographe* de HERZ (1896) est un instrument analogue.

Le *sphygmographe digital* de LAULANIÉ (1898) se compose d'un système multiplicateur formé par la combinaison d'un levier et d'une poulie pourvue d'une plume inscrivante. C'est l'introduction de cette poulie qui constitue le détail caractéristique; c'est par elle que le sphygmographe acquiert une sensibilité exquise. Les constantes mécaniques de l'appareil déterminent une multiplication de 70. La pesée sur le doigt est accrue par le déplacement d'un poids de 10 grammes qui se meut sur une tige horizontale graduée. Cet appareil inscrit verticalement ses mouvements.

SOLLIÉ (1902) a modifié l'appareil de LAULANIÉ pour avoir l'inscription horizontale. Pour cela, la fourche qui soutient la poulie verticale à laquelle est fixé le style, présente un ajutage qui permet de placer cette poulie tantôt verticalement, tantôt horizontalement, au moyen de quatre vis.

Le *sphygmographe digital* de WALLER (1900) est un appareil beaucoup plus simple que celui de LAULANIÉ. Un ressort applique un levier enregistreur au-dessus de l'ongle. Le levier amplifie 50 fois environ les mouvements qu'il reçoit.

CASTAGNA (1901) a construit aussi un appareil analogue.

L'appareil de KREIDL (1902) se compose de deux leviers enregistreurs : l'un pour les mouvements de la main, et l'autre pour les pulsations de l'ongle.

§ V. — Enregistrement de l'ébranlement pulsatile du corps.

HARTSHORNE et GORDON ont remarqué que, quand un individu était placé sur une bascule, l'aiguille faisait des mouvements isochrones au pouls. Pour enregistrer ces mouvements, HARTSHORNE a imaginé un appareil, qui ne fut jamais construit, appelé *bullographe*.

GORDON fut le premier qui enregistra ces mouvements. LANDOIS (*Lehrb. der Physiolo-*

gie, 1888, [p 156] a décrit et figuré un appareil qui permet de les enregistrer avec facilité ;

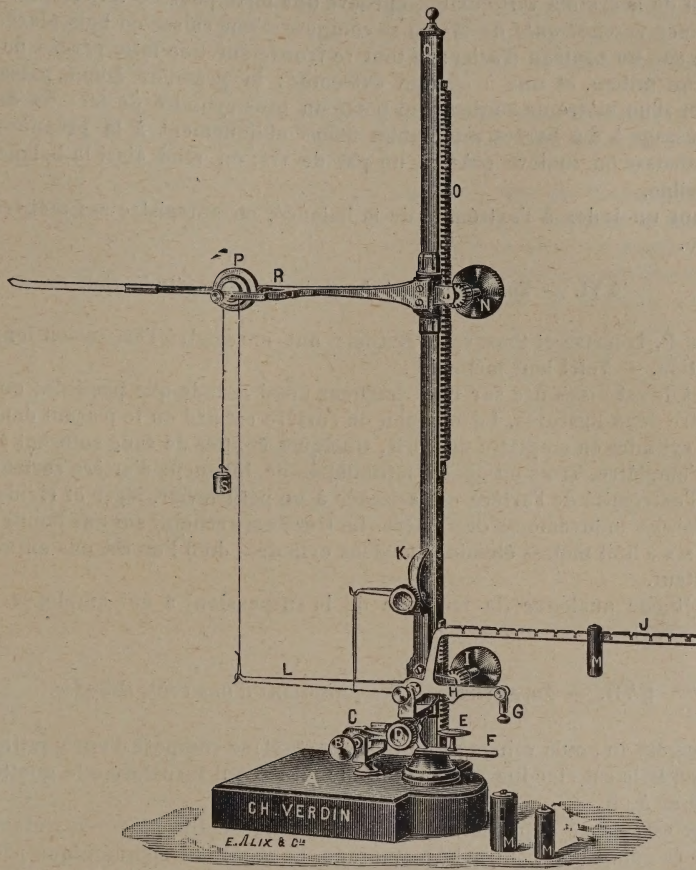


FIG. 143. — Sphygmographe digital de LAULANIÉ.

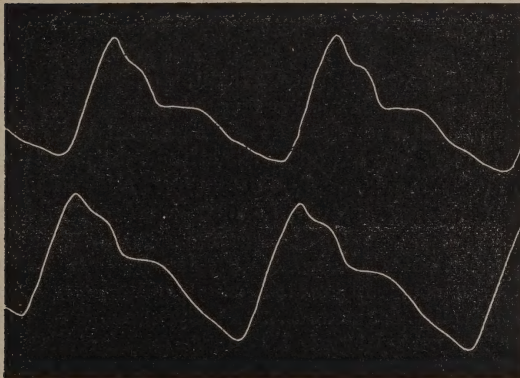


FIG. 144. — Tracé du pouls digital (tracé inférieur), obtenu à l'aide du sphygmographe de LAULANIÉ; pouls de l'artère radiale (tracé supérieur).

les tracés obtenus par son procédé présentent de grandes analogies avec les tracés du pouls.

Les tracés de LANDOIS montrent, contrairement à ceux de GORDON, que tout le corps, au moment de la systole verticulaire, éprouve une forte poussée vers le bas.

La *balance enregistreuse* de Mosso se compose d'une caisse en bois placée en guise de balance sur un couteau d'acier; le tout se trouve sur une latte percée de 3 ouvertures, une au milieu, et une à chaque extrémité; la première donne passage à une barre de fer d'un mètre de hauteur qui porte un gros cylindre de fer; les deux autres donnent passage à des barres semblables fixées obliquement à la première; le fond peut être abaissé ou soulevé grâce à un pas de vis; on rend ainsi la balance plus ou moins sensible.

En fixant un index à l'extrémité de la balance, on enregistre ses mouvements sur un cylindre.

§ VI. — Enregistrement des pulsations longitudinales.

WARREN, P. LOMBARD et SIDNEY, P. BUDGETT ont enregistré l'expansion longitudinale de la carotide. — Voici leur méthode :

La carotide est disséquée sur une longueur aussi grande que possible; on la coupe ensuite entre deux ligatures. Le moignon de l'artère est fixé en le plaçant dans la cavité d'un petit cylindre en emplâtre de Paris. Quelques gouttes de sang suffisent pour coller l'artère à l'emplâtre. Trois ou quatre millimètres de longueur d'artère sortent du petit cylindre; l'extrémité de l'artère est attachée à un petit levier, léger et rigide, qui amplifie dix fois les mouvements de l'artère. Le tracé est recueilli sur une feuille de papier longue de six à huit mètres étendue sur deux cylindres dont l'un est mis en mouvement par un moteur.

Une méthode analogue (la méthode de la suspension) a été employée aussi par DUCCESCHI (1903).

§ VII. — Enregistrement des pulsations d'une veine dénudée.

L'inscripteur du pouls veineux de GOTTWALT (1881) se compose d'une gouttière sur les bords de laquelle est étendue une membrane mince qui transforme la gouttière en un petit tambour à air.

La veine est placée entre cette membrane et une petite plaque maintenue par un ressort qui la comprime contre la membrane. La gouttière communique par un tube à transmission avec un tambour enregistreur. L'enregistrement se fait à l'aide de l'étrélin électrique et du papier amidonné et ioduré.

§ VIII. — Sphygmoscopes.

HÉRISSON, dans un mémoire présenté à l'Institut en 1834, a donné la description du premier appareil qui a servi à la mesure du pouls.

Cet appareil se composait d'un tube de verre portant des divisions. L'extrémité inférieure de ce tube était terminée par une partie cylindrique plus large dont l'ouverture était fermée par une feuille de parchemin. Le tout était rempli de mercure et était en plus pourvu d'un robinet. Les oscillations de la colonne mercurielle correspondaient aux pulsations.

Plusieurs *sphygmoscopes* ont été construits sur le modèle de l'appareil d'HÉRISSON :

ALISON SCOTT (1856), a construit un instrument qui peut indiquer les pulsations du cœur aussi bien que celles des artères. Son *sphygmoscope* se compose d'une sorte de petite coupe renversée (calice) fermée à l'une de ses extrémités par une lame fine de caoutchouc, et se terminant à l'autre extrémité par un tube de verre rempli d'eau colorée et fixé à une planchette graduée. La partie intermédiaire, tubulaire, qui relie le tube à la coupe, peut être très courte, ou très longue, surtout dans le cas où l'on veut avoir les deux tubes des deux *sphygmoscopes* à côté l'un de l'autre, avec un de ces appareils posé sur l'artère, et l'autre sur la région du cœur.

Le *sphygmoscope* de POND (1875) consiste en un tube de verre d'ouverture capillaire

long de 3 à 6 pouces (8 à 16 centimètres). Une de ses extrémités s'évase graduellement en un entonnoir. Une goutte du liquide colorée se trouve à la moitié du tube, et forme l'*index* qui se déplace suivant les pulsations, quand l'extrémité large du tube, fermée par une mince lame de caoutchouc, est placée sur l'artère. Un lacet attache l'appareil au poignet.

Le fils de POND (W. R. POND), a modifié cet appareil en élargissant le tube capillaire, en le remplissant de liquide, et en le rendant par cela semblable à l'appareil SCOTT ALISON.

Le *sphygmoscope* de STEVENS (1880) se compose d'un tube de thermomètre gradué, long de 110 millimètres, ayant un calibre de 6 millimètres, terminé à son extrémité inférieure par un bulbe, contenant un liquide coloré qui ne peut pas passer au-dessous du bulbe. Dans le tube il y a un petit index long de 2 millimètres. Au-dessous du bulbe il y a une ampoule en caoutchouc très fort, qui, quand on applique l'instrument, doit être saisie entre le pouce et l'index. Au-dessous de cette ampoule, il y a une échelle de pression formée par un ressort à boudin, indiquant 8 hectogrammes de pression. L'instrument se termine par un long disque creux, de caoutchouc très fort, présentant un diaphragme de caoutchouc à sa surface inférieure, qui s'applique sur l'artère.

L'*hæmarumascopie* de WHITE est une sorte de sphygmoscope. Il est formé d'un tube recourbé en forme de trompette et libre à ses deux extrémités. L'extrémité évasée s'applique sur l'artère; un petit index, formé par une goutte d'alcool coloré en rouge, suit les oscillations de l'artère.

§ IX. — *Sphygmophones*.

Les appareils qui servent à transformer les pulsations artérielles en bruits nettement perceptibles s'appellent *sphygmophones*.

Quoique ces appareils ne puissent pas être classés parmi les appareils enregistreurs, nous allons décrire, à titre de curiosité, quelques sphygmophones qui ne sont en définitive que des sphygmographes modifiés.

Le *sphygmophone* de STEIN se compose d'un ressort métallique analogue à celui du sphygmographe, ressort reposant par un bouton d'ivoire sur l'artère. A chaque battement, le ressort soulevé va buter contre une vis et ferme le courant qui arrive par le ressort et sort par la vis. Un téléphone mis en rapport avec l'appareil, permet d'entendre nettement les interruptions et les fermetures du courant. Ce sphygmophone a été modifié par DUMONT.

Le *sphygmophone* de BOUDET se compose d'une plaque d'ébonite munie de deux ailettes, par lesquelles on fixe l'appareil au moyen d'un ruban. Un ressort métallique porte à son extrémité libre le charbon inférieur d'un microphone. Le charbon supérieur est suspendu à une vis, mobile entre les deux branches d'une pièce, qu'on peut élever ou abaisser le long d'un support à l'aide d'une vis. Le contact des deux charbons est assuré à l'aide d'un morceau de papier replié. Une deuxième lame métallique, placée parallèlement au-dessous de la première, porte un bouton explorateur qui presse sur l'artère; sa pression est réglée par une vis. Des bornes métalliques communiquant avec les charbons servent à fixer les extrémités d'un circuit dans lequel on intercale une pile et le téléphone récepteur. Chaque pulsation de l'artère se trouve ainsi transformée en un bruit nettement perceptible.

SOMMER a fait aussi d'intéressantes recherches sur la transformation de la pulsation en son.

III

Cardiographie.

Les appareils destinés à étudier les mouvements du cœur par la méthode graphique s'appellent *cardiographes*; les tracés des mouvements du cœur s'appellent *cardiogrammes*.

Le procédé le plus simple, et en même temps le plus grossier, pour avoir un cardiogramme, c'est d'enregistrer, comme l'a fait WAGNER, les mouvements d'une aiguille enfoncée dans le cœur. Pour cela, on fait frotter l'extrémité libre de l'aiguille sur la surface d'un cylindre enregistreur.

BRONDGEEST a attaché un fil à l'extrémité supérieure d'une aiguille enfoncée dans le cœur; ce fil passait sur une poulie et était attaché à un levier inscripteur.

En faisant agir l'aiguille enfoncée dans le cœur sur un tambour de MAREY, KRONECKER a pu enregistrer à distance les mouvements du cœur.

L'introduction de l'aiguille dans le cœur, à travers le thorax, ne fait aucun mal. Pour un lapin, la longueur de l'aiguille est de 4 à 6 centimètres; pour le chien, il faut qu'elle soit plus grande (aiguille de JUNG).

Un autre procédé grossier, mais exact, pour obtenir un cardiogramme, est le suivant :

On introduit un tube de verre dans la cavité du ventricule gauche, à travers la paroi ponctionnée avec un gros trocart. Le jet de sang qui s'échappe par l'extrémité libre du tube préalablement effilée est recueilli sur une bande de papier en mouvement. La trace laissée par le sang sur le papier représente bien les différentes phases de la contraction cardiaque.

Dans notre exposé, nous décrirons sous le nom de *cardiographie directe* les procédés qui nécessitent la mise à nu, ou l'isolement complet du cœur ou autres opérations et sous le nom de *cardiographie indirecte* (ou *cardiographie clinique*) les procédés qu'on emploie pour faire l'étude des pulsations cardiaques à travers la paroi thoracique.

§ I. — Cardiographie directe.

A. Cardiomyographie. — La myographie proprement dite du cœur a pour but l'étude de la contraction du muscle cardiaque en elle-même, sa nature, ses analogies et ses différences avec celle des autres muscles.

I. Cœur isolé. — Le cœur des animaux à sang froid (grenouille, tortue, etc.) peut être étudié en dehors de l'organisme. Il en est de même du cœur d'un animal à sang chaud nouveau-né ou d'un animal qui a été refroidi artificiellement avant d'être tué.

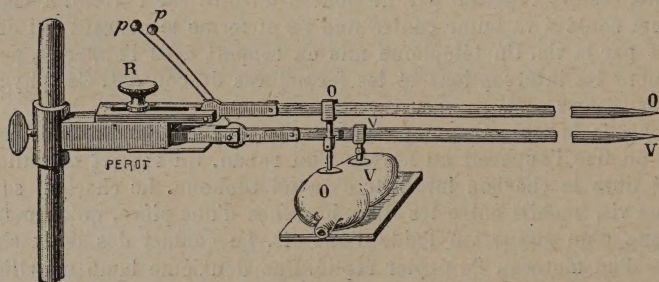


FIG. 145. — Cardiographe double de FRANÇOIS-FRANCK.

a) Rien de plus simple que d'enregistrer les mouvements d'un cœur isolé : on le pose sur une surface fixe, et on fait reposer dessus un levier enregistreur très léger.

Dans le *cardiographie simple* de MAREY, un petit cylindre de moelle de sureau est interposé entre le cœur et le levier.

Un tel procédé d'enregistrement a été employé aussi par LUDWIG, BAXT, etc.

FRANÇOIS-FRANCK, LAUDER-BRUNTON, CASH, etc., ont construit des myographes du cœur à double levier. De cette façon, ils ont obtenu une amplification plus grande des mouvements du cœur, car les mouvements, déjà amplifiés par le premier levier, sont amplifiés une seconde fois par le deuxième levier superposé au premier.

On peut enregistrer séparément les oscillations de l'oreillette et du ventricule, en se servant de deux leviers enregistreurs, dont l'un repose sur le ventricule, et l'autre sur l'oreillette. Ce dispositif a été employé par FRANÇOIS-FRANCK.

La plaque sur laquelle repose le cœur peut être mise en communication avec une

électrode, tandis que l'autre électrode est reliée avec la tige du levier qui repose sur le cœur. De cette façon, le même appareil sert à exciter le cœur et à enregistrer les mouvements.

Au lieu d'enregistrer directement les mouvements d'un cœur isolé, on peut les enregistrer à distance au moyen de la transmission à air, mettant le cœur entre la plaque d'un tambour à air et une surface fixe. La *pince myocardique* de CHAUVEAU (*myocardiographe*) est constituée de cette façon. Le tambour de la pince est mis en communication avec un tambour enregistreur de MAREY.

b) Les mouvements d'un cœur isolé peuvent être étudiés au moyen de la *méthode de suspension*. Voici comment on procède dans ce cas :

Le cœur est fixé à un support au moyen d'un crochet placé dans le sillon auriculo-ventriculaire. L'oreillette est attachée, au moyen d'un crochet et d'un fil, à un levier enregistreur supérieur; la pointe du ventricule est attachée de même à un levier enregistreur placé sur le même support que le levier supérieur. Des poids ou des ressorts sont attachés aussi au levier et agissent sur eux dans une direction diamétralement opposée à celle suivant laquelle s'exercent les mouvements du cœur. De cette façon, on enregistre simultanément et séparément les contractions du ventricule et de l'oreillette.

Ce procédé a été employé par GASKELL (1882), FANO, GOTCH, etc.

II. *Cœur en place*. — Les procédés qu'on emploie pour enregistrer les mouvements d'un cœur isolé s'appliquent aussi à l'étude des mouvements d'un cœur en place et mis à nu simplement.

a) LUDWIG et HOFFA ont enregistré les mouvements du cœur à l'aide d'un simple levier comme celui du cardiographe simple de MAREY.

Le *cardiographe double* de SOUKANOFF se compose de deux leviers enregistreurs, dont l'un se place sur le ventricule et l'autre sur l'oreillette du cœur d'une tortue.

Le *cardiographe* de KAISER se compose d'une tige verticale (un fêtu de paille) dont une extrémité touche la surface du cœur, tandis que l'autre extrémité est attachée, au moyen d'un crochet d'aluminium, à un levier enregistreur. La tige verticale est guidée par deux anneaux fixés au support. L'amplification des tracés est variée en déplaçant le crochet en aluminium le long de la tige.

La *pince myographique* du cœur, ou *pince cardiaque* de MAREY, est

formée de deux cuillerons portés chacun par un bras coudé. L'un de ces bras est fixe, et l'autre mobile. Le bras mobile porte un levier horizontal qui lui est perpendiculairement implanté; l'extrémité du levier, munie d'une plume, trace sur une surface enregistrante les mouvements du cœur. Le cuilleron est rappelé par un petit fil de caoutchouc qui agit comme un ressort. Chaque systole du ventricule écarte les mors de la pince et tend le fil élastique; à chaque diastole, le cœur, redevenant mou, laisse revenir le mors de la pince sous la traction du ressort.

La pince et l'axe du levier sont fixés à l'extrémité d'une tige qui, à l'aide d'une virole, peut être fixée sur un support appartenant à la planchette sur laquelle est fixée la grenouille. Des fils conducteurs étant attachés à la pince, les cuillerons peuvent servir d'électrodes quand on veut exciter le cœur.

RÉNÉ (1887) a modifié le cardiographe de MAREY en remplaçant le fil de caoutchouc

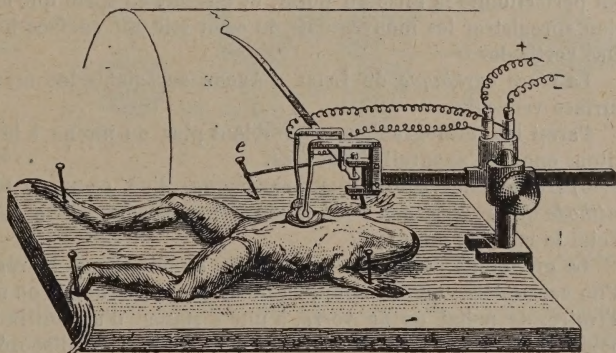


FIG. 146. — Pince cardiaque de MAREY.

par un poids qui permet de graduer exactement la pression exercée sur le cœur de grenouille. Le poids est mis dans un plateau accroché par un fil qui passe sur une poulie; ce fil est attaché à une des branches de la pince.

GILARDONI (1901), dans son myographe à poids variable pour l'étude des conditions mécaniques de la systole ventriculaire, a employé un poids cylindrique, à section très grande, qui flotte sur un bain de mercure.

GILARDONI a construit aussi un myographe à ressort de torsion. En agissant sur ce ressort au moyen d'un fil attelé à un levier très léger et orienté d'abord à près de 180 degrés de la direction de la force, le déplacement angulaire de ce levier produit une augmentation de la résistance du ressort proportionnellement à l'angle décrit.

Le *cardiographe* de LEGROS et ONIMUS consiste en deux tiges verticales supportées par une branche horizontale, et entre lesquelles se trouve saisi le cœur. L'une des tiges est fixe, l'autre est mobile autour d'un axe à pivot; cette dernière est reliée par sa partie supérieure au levier enregistreur du myographe de MAREY. Quand le cœur augmente de volume dans le sens transversal, l'extrémité supérieure de la tige mobile entraîne le levier du myographe qui trace une courbe ascendante sur le cylindre enregistreur.

Cet appareil s'applique aussi aux animaux à sang chaud, si l'on pratique la respiration artificielle.

FREDERICQ a modifié la pince myographique de MAREY de manière à pouvoir introduire une des branches à l'intérieur du cœur et à saisir entre ses mors la paroi du ventricule suivant l'épaisseur de celle-ci. Les deux branches de la pince sont mobiles sur une tige support. Une des branches est constituée par une tige de laiton pleine terminée par une petite plaque circulaire de 20 millimètres de diamètre. Cette branche est introduite dans le cœur par l'auricule et est poussée à travers l'orifice auriculo-ventriculaire. La branche qui s'applique à l'extérieur est terminée par une capsule exploratrice à air dont le bouton qui appuie sur le ventricule est supporté par un ressort qu'on peut approcher ou éloigner du tambour.

VIBERT et VERDIN (1892) ont modifié les cuillerons de la pince cardiaque de MAREY, en ont perfectionné la mise au point, et ont fait en sorte que le cardiographe puisse aussi bien enregistrer les mouvements du cœur sur une surface horizontale que sur une surface verticale.

La *pince cardiaque* de LUIGI d'AMORE enregistre les mouvements du cœur sur une surface verticale.

Parmi les cardiographes ressemblant plus ou moins à la pince cardiaque de MAREY, citons encore l'appareil de PORTER.

b) L'étude des contractions cardiaques d'un cœur en place (*in situ*) à l'aide de la méthode de la suspension a été faite par LANGENDORFF (1884), ENGELMANN (1892) et BOTTAZZI. Voici le procédé employé :

La grenouille étant mise sur le dos, on fait, dans la région cardiaque, une fenêtre d'un centimètre carré environ, on ouvre le péricarde, et on met dans le cœur un crochet d'ivoire, de métal ou de verre, à une distance d'un millimètre et demi environ de la pointe. Ce crochet est attaché par un fil à un levier disposé de telle sorte que le poids ou le ressort qui agit sur lui tende à le tirer vers le haut, tandis que les contractions cardiaques tendent à le ramener vers le bas.

Le levier d'ENGELMANN était long de 12 centimètres; il avait deux bras de 6 centimètres chacun. A l'extrémité d'un de ces deux bras il y avait un poids; à l'extrémité de l'autre, une plume inscrivante d'aluminium. Le levier présentait plusieurs trous pour l'attache du fil portant le crochet. On pouvait ainsi varier l'amplification des tracés. Un poids d'un gramme, mobile sur le levier, permettait de varier la résistance du levier aux mouvements.

Pour inscrire les mouvements du cœur de la grenouille à l'aide de la méthode de la suspension, BRODIE (1902) a construit un levier, à deux bras, extrêmement léger, fait par un fétu de paille et avec une plume en papier fixée à son long bras. La pointe du cœur est accrochée au petit bras du levier. L'axe du levier est formé par une aiguille qui se meut, avec le moins de frottement possible, entre les rainures d'un support à deux bras. Une petite lame-ressort appuie sur l'axe.

c) ROY et ADAMI (1890) ont enregistré directement et simultanément les contractions

longitudinales du cœur et les contractions des piliers. Voici le procédé qu'ils ont employé : Un petit support portant un levier est fixé au moyen d'un crochet sur la paroi cardiaque. Sur le levier, une petite poulie peut glisser dans une coulisse ; sur cette poulie passe un fil dont l'une des extrémités est fixée par un crochet au cœur et l'autre extrémité au petit bras d'un des deux leviers enregistreurs qui sont placés au-dessus du cœur. Le deuxième levier enregistreur est destiné à enregistrer les contractions des piliers du cœur ; en effet, le fil qui lui est attaché, passe sur une poulie qui se trouve à l'extrémité du levier porté par le cœur, traverse l'oreillette, la valvule auriculo-ventriculaire et va se fixer par un crochet à un pilier du cœur. Les leviers enregistreurs, placés sur un même support, sont portés par une sorte de suspension à la CARDAN qui leur permet de suivre les mouvements de translation du cœur.

d) Pour faire l'étude des contractions cardiaques à l'aide de la transmission à air, FRANÇOIS-FRANCK a procédé de la façon suivante : Quatre tambours à air sont mis en relation avec les deux oreillettes et les deux ventricules. Les membranes des tambours sont reliées, d'une manière fixe, à la paroi auriculaire, au moyen d'une petite serre-fine; cette serre-fine est en rapport avec la membrane par l'intermédiaire d'une tige légère, résistante et non articulée. Le diamètre des disques placés sur les membranes des tambours est grand.

Les pulsations des ventricules sont recueillies séparément par des tambours à levier de 7 à 8 centimètres de long. Le bouchon de liège qui termine le levier est appliqué latéralement sur la paroi ventriculaire et perpendiculairement à la surface.

Tous ces tambours explorateurs sont reliés, par des tubes, avec des tambours enregistreurs qui inscrivent les mouvements reçus simultanément sur la surface enregistrente.

HÜRTHLE (1891), au lieu de tambour à air, comme appareil explorateur, a employé une tige creuse, terminée par une très petite ampoule élastique qui était mise en contact avec le cœur par une ouverture faite à la paroi thoracique. Les mouvements du cœur étaient transmis à un petit tambour. Le tout, appareil explorateur, tube de transmission et tambour, était rempli de liquide.

B. Cardiographie pléthysmographique. — Le volume du cœur diminue pendant la systole et augmente pendant la diastole. Ces variations de volume peuvent être inscrites par des moyens appropriés : c'est là l'objet de la cardiographie volumétrique ou pléthysmographique.

I. Cœur isolé. — FICK et BLASIUS (1872), qui sont les premiers à avoir fait l'étude volumétrique d'un cœur isolé, ont employé le dispositif suivant :

Le cœur est renfermé dans un espace clos rempli d'une solution saline; cet espace communique avec un tube manométrique, coudé deux fois, et rempli aussi d'une solu-

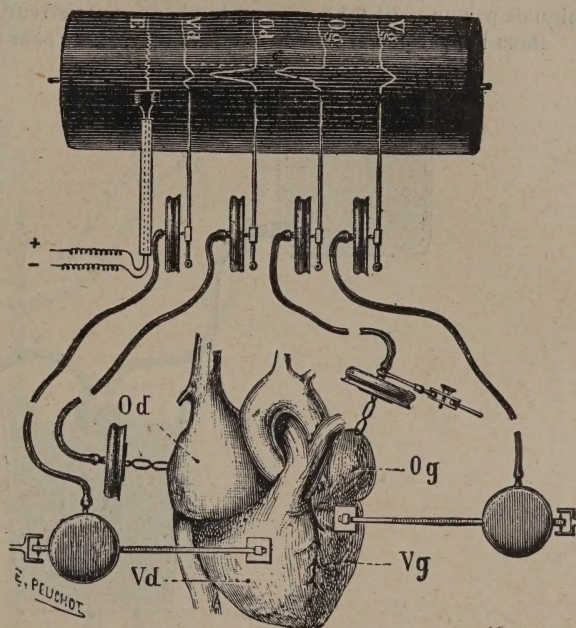


FIG. 147. — Schéma du dispositif de FRANÇOIS-FRANCK pour l'inscription simultanée des mouvements des ventricules et des oreillettes.

tion saline. Dans le bras libre de ce tube il y a un flotteur enregistreur. Le cœur possède deux canules, l'une dans le sinus veineux, l'autre dans l'aorte, pour la circulation artificielle ; l'une de ces canules est en relation avec le vase qui contient la solution nutritive (du sérum défibriné par exemple). — Quand le cœur est en diastole, et que son volume augmente, le liquide du manomètre, et avec lui le flotteur, monte ; c'est le contraire pendant la systole. Les variations de hauteur du manomètre indiquent les diverses phases de l'activité du cœur.

Le tube mammonétrique, au lieu d'avoir un flotteur, peut être relié avec un tambour enregistreur.

Le récipient du cœur est placé dans un bain à température constante.

MAREY (1875) a placé le cœur dans un récipient plein d'air ; cet espace clos communiquait par un petit tube avec un tambour enregistreur.

Dans l'appareil d'ensemble employé par MAREY pour faire la circulation artificielle du

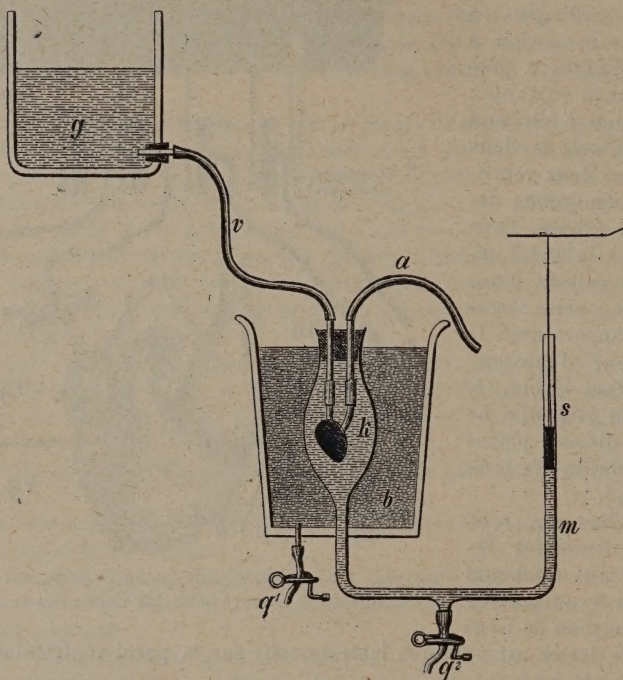


FIG. 148. — Cardio-pléthysmographe de FICK et BLASIUS.

cœur, et pour inscrire simultanément les variations du volume, de la pression et du débit, le récipient du cœur est formé par un tube en U dont l'une des branches, celle dans laquelle se trouve placé le cœur, est large, et l'autre étroite ; cette dernière présente un renflement qui, par un tube en caoutchouc, communique avec le tambour qui enregistre les variations de volume du cœur.

Le liquide arrive dans le cœur sous pression constante, grâce à un vase de MARIOTTE ; il entre dans le cœur par une canule de WILLIAM.

FRANÇOIS-FRANCK (1877) a placé le cœur dans un tube plein d'huile. Le liquide est plus avantageux que l'air ; c'est même une très mauvaise condition pour mesurer les changements de volume d'un organe, que de le placer dans l'air, celui-ci absorbant par son élasticité une grande partie des variations de volume.

L'appareil de ROY (1878) se compose d'un vase plein d'huile dans lequel le cœur est placé. Un petit tube vertical est adapté à la paroi inférieure du vase ; dans ce tube, un petit piston peut se déplacer verticalement ; pour que le liquide ne coule pas entre les parois du tube et celles du piston, une mince membrane est attachée aux bords du tube

et au piston. Cette membrane souple, formée de la membrane péritonéale du veau imprégnée de glycérine, ne gêne pas les mouvements du piston. La tige du piston est reliée à un levier enregistreur placé sous le récipient.

GASKELL (1880) a modifié un peu le tonomètre cardiographique de ROY, et il a remplacé l'huile par une solution saline.

Le *cardiopléthysmographe* ou *piston-recorder* de SCHÄFER se compose d'un petit récipient de forme ovoïde. Aux deux extrémités (diamétralement opposées) de ce petit

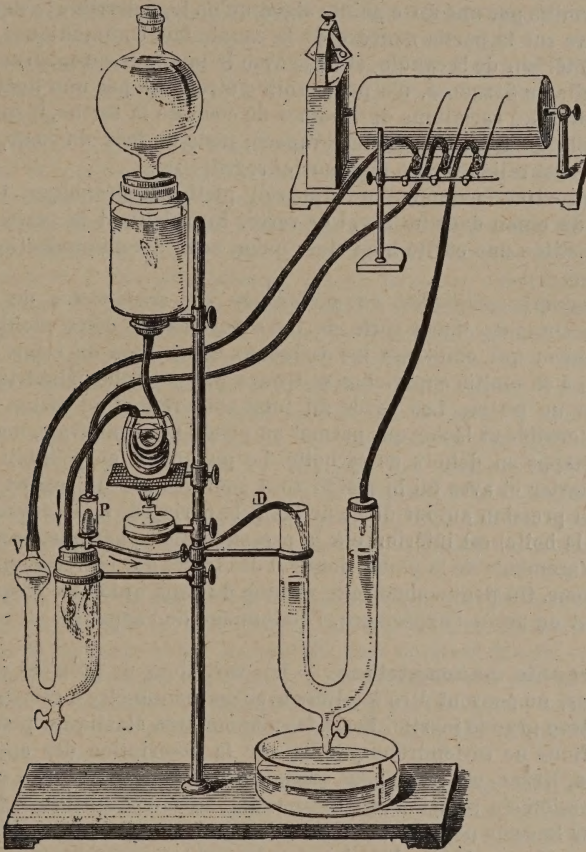


FIG. 149. — Cardio-pléthysmographe de MAREY.

récipient se trouvent fixés deux tubes en verre munis de robinets. A la partie supérieure du récipient se trouve une canule à deux voies à laquelle est attaché le cœur. Des électrodes pénètrent dans le récipient par sa paroi inférieure. Dans un des tubes de verre horizontaux se trouve placé un petit piston dont la tige porte une plume enregistreuse. Tout l'appareil est plein d'huile.

II. Cœur en place. — La cavité péricardique, close de toutes parts, peut être considérée comme une boîte à parois inextensibles qui entoure le cœur. En mettant cette cavité en communication avec un tambour enregistreur, on peut étudier les variations de volume du cœur, comme si le cœur était placé dans un pléthysmographe. Voici le procédé qu'on emploie pour faire ce genre d'enregistrement : Un tube de verre étant introduit dans le ligament creux qui relie le péricarde au diaphragme, on ligature le sac péricardique sur le tube. Ce tube est relié à un tambour enregistreur. Avant l'enregistre-

ment, on introduit, par insufflation, un peu d'air dans la cavité péricardique, pas trop, pour ne pas comprimer le cœur.

Cette façon de faire l'étude des variations de volume du cœur a été employée par FRANÇOIS-FRANCK, STEFANI, TIGERSTEDT, KNOLL, etc. Pour éviter les variations de résistance présentées par la membrane du tambour enregistreur, JOHANSON et TIGERSTEDT l'ont remplacé par un piston-recorder.

KNOLL a construit une canule spéciale qui peut être introduite dans le péricarde du lapin, sans nécessiter l'ouverture du thorax. La canule médiastinale de KNOLL est en métal, elle se termine par une forte pointe aiguë qu'on loge derrière le sternum. L'ouverture qui se trouve sur la partie convexe de la canule fait communiquer la cavité péricardique avec l'intérieur de la canule, et de là avec le tambour enregistreur. Cette canule, de même que celle de SPENGLER, n'a pas besoin d'être fixée par une ligature.

Pour enregistrer les variations de volumes du cœur de la tortue, il suffit de faire une ouverture, à l'aide du trépan, dans la carapace, juste en face du cœur, et d'y fixer un tube en verre qui est relié avec un tambour enregistreur.

On peut improviser facilement un appareil pléthysmographique très simple, en plaçant le cœur du chien dans un bocal de verre. En rabattant le péricarde par-dessus les bords, on constitue une cavité bien close qu'on met en communication avec un tambour enregistreur.

Le *pléthysmographe cardiaque* ou *oncographe* ou *cardiomètre* de ROY (1887) et ADAMI (1888) se compose d'une sorte de boîte formée de deux moitiés, se fermant autour d'un anneau qui embrasse les vaisseaux de la base du cœur. Cette boîte est remplie d'huile; à sa moitié supérieure se trouve fixé un tube cylindrique dans lequel peut se mouvoir un piston. Les bords du tube sont réunis au piston par une mince membrane inextensible et lâche, qui permet au piston de se mouvoir, mais qui empêche que l'huile s'échappe en dehors de la boîte. Le piston est en relation avec un levier inscripteur. Ce levier et avec lui le piston sont soulevés par un ressort en caoutchouc. De cette façon la pression autour du cœur (dont le péricarde a été ouvert et fixé autour de l'anneau de la boîte) est inférieure à la pression atmosphérique, comme dans l'état normal. Les déplacements de la plume donnent des tracés qui représentent les variations de volume du cœur. On peut connaître le volume du sang qui entre et qui sort du cœur si l'on fait, avant ou après l'expérience, l'étalement de l'appareil.

C. Cardiographie manométrique. — Les variations de pression intracardiaques, étant très rapides, ne peuvent être étudiées avec un manomètre à mercure, cet appareil présentant une trop grande inertie. Seuls les manomètres élastiques peuvent servir à ce genre d'étude. Nous ne reviendrons pas ici sur la description des appareils de FICK, v. FREY, HÜRTLE, KREHL, etc., que nous avons étudiés dans le chapitre consacré spécialement à la pression du sang; nous exposerons seulement quelques faits relatifs au moyen d'aborder le cœur pour le mettre en relations avec les appareils enregistreurs.

I. CHAUCHEAU et MAREY (1861), dans leurs mémorables expériences sur le mécanisme du cœur, ont employé des sondes exploratrices spéciales pour les différentes cavités du cœur. La *sonde cardiaque droite*, qu'on introduit dans le cœur par la veine jugulaire droite, est une sonde à double courant qui porte deux ampoules. Ces ampoules sont formées par un tube de caoutchouc soutenu par une carcasse en fil d'acier qui empêche le tube de s'affaisser entièrement sous la pression du sang, tout en lui permettant de changer légèrement de volume sous l'influence des variations de la pression. Des tubes séparés mettent chacune de ces ampoules en communication avec des tambours enregistreurs.

La *sonde cardiaque gauche* possède des ampoules plus résistantes que la sonde cardiaque droite. Une des ampoules se loge dans l'oreillette, l'autre dans le ventricule. Les sondes sont montées sur un tube métallique ayant un diamètre extérieur de 3 à 4 millimètres.

Ces sondes cardiaques sont de véritables *sphygmoscopes*; leur membrane élastique, au lieu d'être soumise à une force expansive intérieure, est soumise à une force de pression extérieure.

Les sondes de CHAUCHEAU et MAREY étaient applicables au cheval. Sur leur modèle, on a construit des sondes applicables au chien.

Les sondes de FRANÇOIS-FRANCK (1894) sont en métal ou en caoutchouc durci; elles sont terminées par une petite carcasse métallique en ressort d'acier fin, sur laquelle est modérément tendu un doigtier de caoutchouc soufflé qui supportera les pressions sans que ses parois opposées s'accolent. Dans les sondes manométriques doubles, la portion destinée à l'oreillette peut glisser, le long du tube de transmission, jusqu'à la portion destinée au ventricule, de façon à permettre un écartement variable, suivant la longueur du cœur des animaux. La sonde cardiaque gauche est introduite dans le cœur gauche par la veine pulmonaire supérieure gauche. Le tambour enregistreur mis en communication avec une sonde cardiaque doit être d'une faible capacité.

GLEYS, v. FREY et KREHL, FREDERICQ, etc., ont aussi construit des sondes cardiaques pour le chien, ressemblant plus ou moins aux sondes de CHAUCHEAU et MAREY. La sonde de HÜRTHLE contient un ressort antagoniste. Les sondes de ROLLESTON, ROY et ADAMI sont des sondes ouvertes.

La sonde de MEYER (1894) fonctionne à la fois comme les ampoules à air fermées de CHAUCHEAU-MAREY et comme la sonde à ressort de HÜRTHLE. Cette sonde se compose d'un tube de 3 millimètres de diamètre extérieur; ses ampoules peuvent être réduites au moment du passage dans le vaisseau. L'ampoule est formée par une carcasse métallique à jour de même diamètre que le tube, et se termine par une olive. De cette olive partent trois ressorts à concavité interne, placés entre les ouvertures de la carcasse métallique et venant s'attacher à un disque évidé qui limite sans frottement la portion inférieure du tube à transmission de la sonde. De ce disque part une fine tige de cuivre qui remonte le long du tube à transmission et le dépasse par une extrémité opposée. Elle est destinée à actionner le disque manipulateur des ressorts : à cet effet son extrémité est filetée et peut recevoir un écrou mobile qui, lorsqu'on le manœuvre, perd son point d'appui sur le bord libre de la sonde, fait remonter la tige filetée, le disque qui la termine et les ressorts qui viennent s'y attacher. Ces derniers sont alors tendus et s'effacent au niveau de la carcasse rigide de la chambre à air. Un manchon de caoutchouc recouvre toute l'ampoule. La sonde étant placée dans le cœur du chien, on dévisse l'écrou, les ressorts reprennent leur position concave et dilatent le manchon (de 1 centimètre de diamètre).

II. La voie d'introduction des sondes cardiaques varie suivant les expérimentateurs. La majorité des physiologistes, à l'exemple de CHAUCHEAU et MAREY, les font pénétrer dans le cœur par la jugulaire et par la carotide, sans ouvrir le thorax. — ROLLESTON, ROY et ADAMI ont introduit la canule appropriée à leur appareil soit par l'oreillette, soit par la pointe du cœur. — FREDERICQ et FRANÇOIS-FRANCK ont fait passer aussi leur sonde par l'oreillette, pour la mettre en place. — MAGINI pénètre, à travers la paroi thoracique, dans le cœur, au moyen d'un trocart.

III. Les sondes manométriques cardiaques peuvent donner non seulement le sens des changements de pression, mais encore leur valeur absolue, si l'on a eu soin de les graduer préalablement au moyen d'un manomètre à mercure. Pour lire avec plus de sûreté les indications fournies par leurs sondes, CHAUCHEAU et MAREY ont déterminé le moment où la pression tombe à zéro, au moyen d'une sonde spéciale, la *sonde à pression négative*.

IV. PORTER a employé (1896) un procédé spécial qui permet de mettre le manomètre élastique en communication avec le ventricule à un moment quelconque de la systole. Une canule double est introduite, par la sous-clavière et l'aorte, dans le ventricule gauche. Une des canules est mise en communication avec un manomètre de HÜRTHLE renversé B (avec le levier en bas). La deuxième canule est reliée également, mais par un tube muni d'un robinet, à un second manomètre A qui inscrira les courbes. Sur le levier du manomètre B est appliqué un fil métallique dont les extrémités viennent plonger dans deux cupules de mercure. Quand la pression augmente dans le ventricule, et que, par conséquent, le levier s'abaisse, le contact du fil avec le mercure complète un circuit électrique et envoie un courant dans un fort électro-aimant dont l'armature ouvre le robinet interposé entre la deuxième canule et le manomètre A. Lorsque, au contraire, le fil du manomètre B abandonne le mercure, l'armature reprend sa position première, et le robinet se ferme. Pendant que le courant traverse l'électro-aimant, le manomètre A, ainsi mis en communication avec la cavité du ventricule,

grâce à l'ouverture du robinet, inscrit la courbe de pression. On peut donc s'arranger de telle sorte que les bouts du fil adapté au manomètre B soient, pendant la diastole, plus ou moins rapprochés de la surface du mercure, et que le manomètre A inscrive la courbe à partir d'un point plus ou moins voisin du sommet. Quand on commence à enregistrer ainsi la courbe très près de son maximum, la fermeture du robinet laissera dans le manomètre A une pression déjà très élevée; à la systole suivante, l'instrument n'aura plus à indiquer que la différence entre cette pression et le maximum, c'est-à-dire qu'on a ainsi un moyen de rendre presque insignifiante la cause d'erreur due à l'inertie. Le sommet de la courbe sera donc inscrit avec ses véritables caractères.

V. FRANÇOIS-FRANCK (1893) a fait l'étude de la pression intra-cardiaque, artérielle et veineuse, et de la force maximum du cœur, à l'aide de la méthode des ampoules conjuguées. — Cette méthode, introduite dans la technique physiologique par MORAT (1882), à l'occasion de ses recherches sur les contractions de l'estomac, a été modifiée par WERTHEIMER et MEYER. — Voici la description du dispositif adopté par FRANÇOIS-FRANCK :

Une sonde vide, pourvue d'une ampoule, est introduite dans la cavité cardiaque. Cette sonde se divise en trois branches. Une de ces branches se termine par une ampoule qui est enfermée dans un tube de verre rempli d'eau, et communiquant avec un tambour inscripteur de MAREY. — Une autre branche communique avec une ampoule que l'on comprime à l'aide d'une pince à vis, quand on veut étudier les maxima de pression systolique. — Enfin, la troisième branche de la sonde communique avec un manomètre métallique.

VI. Pour mesurer le travail du cœur de la grenouille, KRONECKER a employé le dispositif suivant :

Deux burettes (*b*, *c*), fonctionnant comme des flacons de MARIOTTE, peuvent être mises alternativement en rapport par l'intermédiaire d'un robinet à trois voies h_1 avec l'une des branches d'une canule double introduite dans le cœur; l'autre branche de la canule, plus large, communique avec le manomètre. Une branche du manomètre se continue avec un tube recourbé muni d'un robinet h_2 , de telle sorte que, quand ce dernier est ouvert, le liquide venant de la burette traverse le cœur sans que celui-ci agisse sur le manomètre. Par une position convenable du robinet h_1 , on peut mettre soit l'une soit l'autre des deux burettes en communication avec le cœur, et étudier ainsi l'influence des liquides de différente nature. En élevant ou en abaissant les tubes de verre qui plongent dans les burettes, on augmente ou on diminue la pression à laquelle le cœur est soumis pendant la diastole. Le cœur est placé dans un récipient coudé *r*, renfermant, avec une petite quantité de mercure, une solution physiologique de Na Cl; le mercure sert à compléter un circuit, si l'on veut exciter électriquement le cœur. Quand le cœur doit actionner la colonne du manomètre, les robinets h_1 et h_2 sont fermés.

La branche libre du manomètre est munie d'un flotteur avec plume inscrivante.

Le travail produit par chaque systole est proportionnel au carré de la hauteur de la pulsation.

Si *r* est le rayon du tube manométrique, *d* la densité du mercure, h_1 la hauteur de la colonne de mercure dans la branche libre au-dessus du niveau diastolique, le poids de la colonne soulevée sera $\pi r^2 dh$. Ce poids a été soulevé, d'autre part, à une hauteur *h* : tout se passe, en effet, comme si l'on avait enlevé la colonne de hauteur *h* dans la branche cardiaque, à partir du niveau primitif, pour la transporter dans la branche ouverte, au-dessus de ce même niveau. Chaque particule ayant été soulevée d'une hauteur *h*, le travail sera : $\pi r^2 dh \times h = \pi r^2 dh^2$.

D. Cardiographie photographique. — ONIMUS, en 1865, et, plus tard, ONIMUS et MARTIN, THOMPSON (1886), etc., ont photographié le cœur vivant du lapin, du pigeon, du chat et de la grenouille. — Sur les photographies obtenues, on voit un double contour nettement dessiné : le contour extérieur correspond au cœur en diastole, le contour intérieur au cœur en systole.

MAREY a fait la chronophotographie d'un cœur de tortue séparé du corps.

FANO et BALDANO (1889) ont enregistré, par la méthode photographique, les mouve-

ments des régions veineuse et artérielle du cœur embryonnaire du poulet, entre le second et le troisième jour de développement.

SCHÄFER (1884) a photographié les mouvements d'une colonne liquide qui communiquait avec une chambre pleine d'huile dans laquelle était placé le cœur. Le tube était placé entre les deux fentes de deux écrans, l'un antérieur et l'autre postérieur, qui délimitaient bien la lumière qui tombait sur la surface sensible. La lumière était soit celle du soleil réflétée par un héliostat, soit celle d'une lampe à oxycalcium.

§ II. — *Cardiographie indirecte (cardiographie clinique).*

Les battements du cœur peuvent être aussi étudiés, chez l'homme et chez les animaux, sans nécessiter l'ouverture du thorax, la mise à nu du cœur, ou l'introduction d'appareils dans l'intérieur de la cavité cardiaque.

Les appareils qui servent à cette étude s'appellent *cardiographes*. — Il y a peu de cardiographes directs ; il y en a beaucoup à enregistrement à distance.

A. Cardiographes directs. — Le sphygmographe direct de MAREY a été employé comme cardiographe par GARROD (1870), GALABIN (1875), LANDOIS, etc.

Le cardio-sphygmographe de GARROD est formé par la réunion de deux sphygmographes directs de MAREY, dont l'un sans mécanisme d'horlogerie. Ce dernier est formé par un simple ressort dont le bouton est appliqué sur la région précordiale.

Dans le cardiographe direct de GALABIN, le ressort présente une forme spéciale : il est à deux bras. Le bras long du ressort s'applique sur la région précordiale ; l'autre bras, beaucoup plus court, présente une vis qui permet de varier la pression du ressort à volonté. La partie qui transmet le mouvement au levier enregistreur est suspendue ; de cette façon son poids ne presse pas sur la région dont on examine les mouvements. L'appareil est attaché à l'aide d'une ceinture. La pression du ressort de cet appareil doit être tellement faible que l'appareil puisse enregistrer même les pulsations des veines.

LAULANIE a construit un cardiographe direct sur le principe de la pince sphygmographique. Dans cet appareil, la branche fixe du sphygmographe a été supprimée, le cœur reposant sur une partie fixe, la paroi thoracique.

B. Cardiographes à transmission. — I. *Chez l'homme.* — a) Pour enregistrer les pulsations cardiaques de l'homme à l'aide de la transmission à air, MAREY s'est servi d'abord d'un stéthoscope de KOENIG. Cet appareil se composait d'une capsule ouverte, mise en communication avec un tambour enregistreur, qu'on appliquait sur la région précordiale.

MAREY ne tarda pas à perfectionner ce procédé d'enregistrement, en prenant d'abord un tambour métallique fermé d'un côté par une double membrane élastique, qui, par insufflation, circonscrit un espace lenticulaire ; l'ouverture opposée du tambour communiquait avec un tambour fermé par un embout.

Plus tard MAREY (1863) donna à son cardiographe une forme plus pratique. Le *cardiographe* de MAREY se compose d'une sorte de cloche métallique dans laquelle se trouve logé un tambour à air. Ce tambour renferme un ressort à boudin qui fait saillir la membrane en dehors. Un petit disque, collé sur la membrane, porte le bouton qu'on applique sur la région précordiale. Le tube qui met en communication le tambour de l'appareil explorateur avec le tambour enregistreur traverse le fond de la cloche support. Une vis de réglage avec ressort permet de faire descendre ou monter le tambour dans la cloche, et par conséquent de faire varier la pression que le bouton exerce sur la paroi précordiale. L'appareil est tenu à la main, ou à l'aide d'une bande élastique il est appliqué contre le thorax, le bouton du tambour étant logé dans un espace intercostal, au point où la pulsation du cœur est le plus sensible.

Sur le modèle de l'appareil de MAREY, on a construit plusieurs cardiographes dont voici quelques exemples :

Le *cardiographe* de BURDON-SANDERSON (1873) se compose d'un tambour à air qui repose sur la paroi thoracique à l'aide d'un support qui présente trois pieds en forme de vis; de cette façon on peut ajuster très bien l'appareil. Une lame-ressort recourbée en dedans est fixée par une de ses extrémités au dos du tambour; l'autre extrémité se trouve entre la paroi thoracique et la membrane du tambour; à travers cette extrémité passe une vis dont la tête, formée par un bouton d'ivoire, appuie sur le thorax, et la pointe sur la membrane du tambour.

ZIMMERMANN (Leipzig) a construit des cardiographes analogues.

Le *cardiographe* d'EDGREN (1889) se compose d'une sorte de coquille à l'intérieur de laquelle se trouve un tambour à air. Cette coquille sert de stéthoscope en même temps que de support du tambour, car elle présente un tube qui va à l'oreille. Le tambour présente une tige à dent qui s'engrène avec une roue dentée fixée sur la coquille. Cette roue peut être mise en mouvement à l'aide d'une manivelle qui se trouve en dehors de la coquille; de cette façon, on fait monter le tambour. Le tambour contient dans son intérieur deux ressorts en spirale. Le tube qui met en communication le tambour explorateur avec le tambour inscripteur traverse la paroi de la coquille. Une bande de caoutchouc fixe l'appareil au thorax.

Le *pansphygmographe* de BRONDGEEST (1873) et l'appareil explorateur du *polygraphe* de MATHIEU et MEURISSE (1875) peuvent servir aussi comme cardiographes.

Il en est de même du *cardiographe* de KNOLL (1879) construit sur le principe donné par GRUNMACH (1876). — Cet appareil se compose d'une plaque en fer à cheval recouverte de cuir, et reposant sur la poitrine. Sur ce support est fixé le ressort qui porte une petite pelote appuyée sur la région précordiale. La pression exercée par le ressort peut être réglée à l'aide d'une vis. A la partie supérieure de la pelote se trouve une pointe qui touche la membrane du tambour à air fixé au support.

Le *cardiographe* de MARIETTE POMPILIAN est tout à fait semblable au *sphygmographe*

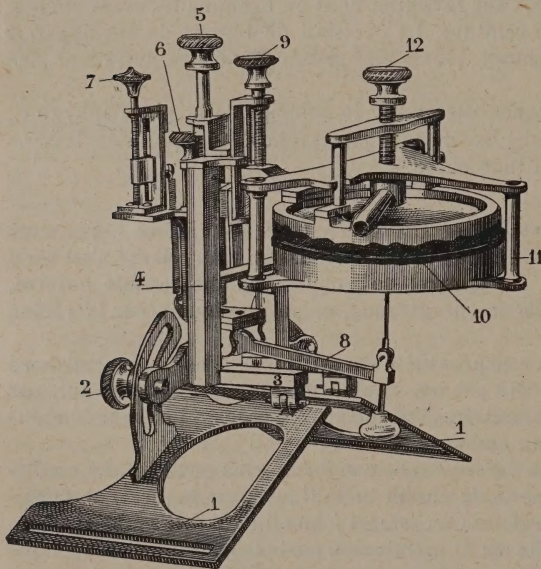


FIG. 150. — Cardiographe de MARIETTE POMPILIAN.

du même auteur; il n'en diffère que par la forme du support. Celui-ci se compose d'un petit cadre pourvu de deux ailettes articulées qui sont appliquées sur le thorax à l'aide d'une bande élastique. Sur ce cadre se trouvent fixées les pièces réglables qui portent le levier et le tambour à air. Le grand bras du levier porte le bouton qui appuie sur la région précordiale et qui est relié à la membrane du tambour; le petit bras du levier est attaché à l'extrémité inférieure d'un ressort à boudin. Le tambour est pourvu d'un dispositif qui permet de varier la tension de la membrane de caoutchouc.

b) On a construit aussi des cardiographes dans lesquels l'eau a été employée comme moyen de transmission.

Le *cardiographe* de KEYT (1887) est en tout semblable au *sphygmographe* du même auteur. Un petit tube évasé, analogue au *sphygmoscope* d'HÉRISSON, est appliqué sur la région précordiale; ce tube est réuni par un tube de caoutchouc plus ou moins long avec le milieu d'un tube horizontal ayant ses deux extrémités recourbées. L'une de ces extrémités est fermée par une membrane élastique sur laquelle repose le levier enregistreur; l'autre extrémité est formée d'un long tube gradué. Tout le système est rempli d'eau ou d'alcool. La plume enregistreuse inscri

les pulsations cardiaques sur une plaque verticale mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

Dans le *cardiographe* de ZADEK, les pulsations cardiaques sont transmises, par l'intermédiaire d'une pelote qui appuie sur le thorax, à une petite capsule recouverte d'une membrane de caoutchouc, et de là par un tube de caoutchouc à une seconde capsule. Sur la membrane de cette dernière capsule, repose une perle de verre, laquelle est fixée à une tige verticale qui met en mouvement le levier inscripteur. Tout le système est rempli d'eau.

II. Chez les animaux. — Pour enregistrer les pulsations cardiaques de petits animaux, MAREY a construit un *cardiographe à deux tambours conjugués*.

Deux tambours à air semblables, contenant à l'intérieur chacun un ressort à boudin, sont fixés aux extrémités de deux branches d'une sorte de pince articulée au moyen d'une charnière. Chacun des tambours présente un tube qui s'ouvre dans un tube en Y, dont la branche unique aboutit à un tambour enregistreur de MAREY. Cet appareil est placé de telle sorte que la charnière s'applique sur la ligne médiane du corps de l'animal. Le thorax du lapin ou du cobaye est compris entre les deux tambours comme entre les mors d'une pince. Un lien jeté autour du corps de l'animal est fixé par un bout à chacun des tambours au moyen d'un crochet.

Sur le modèle de l'appareil de MAREY, d'ARSONVAL a fait construire par VERDIN un *explorateur du cœur du lapin à glissière*. Les branches de cet appareil ont des fentes qui servent de glissières aux tambours explorateurs, ce qui permet à ces derniers de se rapprocher des extrémités au centre, et par conséquent de saisir des thorax de toutes dimensions.

Le *cardiographe direct à aiguille* de LAULANIE (1889) se compose d'un tambour à air de MAREY, dont la membrane est mise en relation avec l'extrémité supérieure d'une aiguille coudée à angle droit. Cette aiguille pénètre dans la cavité thoracique d'un chien, dans la région précordiale. Le support du tambour est fixé sur un disque métallique, ouvert au milieu pour laisser passer l'aiguille; ce disque est placé sur la paroi thoracique et y est attaché par des agrafes ou des liens élastiques.

Le *cardiographe* de BARDIER (1897) pour le cœur du lapin, se compose de deux parties : la première, c'est l'appareil de contention du thorax; elle se compose de deux arcs métalliques articulés; à l'extrémité d'une branche est ménagée une ouverture pour l'exploration précordiale. La deuxième partie, c'est le tambour d'exploration fixé par un support sur la branche gauche de l'appareil de contention. Le tambour est mobile dans tous les sens grâce à une articulation à billes constitué de la façon suivante : deux billes, une fixée au support, l'autre au tambour, sont serrées par une pince. La membrane du tambour présente un bouton ou une aiguille qui appuie sur la région précordiale.

C. Cardiopneumographie. — CERADINI a construit un *hémithoracographe* et LANDOIS un *cardio-pneumographe*, en se basant sur le fait suivant, observé par VOIT et LOSSER :

La diminution de volume du cœur, à chaque contraction ventriculaire, détermine une raréfaction de l'air intra-pulmonaire, de sorte que si l'on suspend la respiration, la glotte étant ouverte, il se produit à chaque systole un passage d'air du dehors dans le poumon. Il est facile de rendre évident ce courant d'air et de l'enregistrer. Il suffit pour cela de tenir entre les lèvres un tube de caoutchouc communiquant avec un tambour à levier.

LANDOIS a mis en évidence ce courant d'air en se servant des flammes manométriques, comme l'avaient fait aussi GERHARDT et KLEMENSIEWICZ.

FREDERICQ a inscrit les mouvements du cœur en introduisant une sonde dans l'œsophage. Cette sonde, munie à une de ses extrémités d'une ampoule, communique par l'autre avec un tambour à levier enregistreur.

D. Cardioradiographie. — La radiographie a été appliquée à l'étude des variations de volume du cœur par ZUNTZ et SCHUMBURG (*Arch. f. Phys.*, 1896, p. 330), BOUCHARD (*Soc. de Biol.*, 1898, p. 95), etc.

§ III. — *Enregistrement des bruits du cœur.*

Les premiers essais d'enregistrement graphique des bruits du cœur sont dus à FREDERICQ (1892) qui a photographié les oscillations de la membrane d'un phonautographe.

HÜRTHLE (1893) a employé une méthode basée sur l'emploi du microphone. Voici en quoi consiste cette méthode :

Quand en un endroit d'un circuit électrique la conduction se fait à l'aide de deux morceaux de charbon, la résistance rencontrée par le courant dans ce point varie avec les variations de pression qui existent entre les deux charbons. En faisant arriver des vibrations sonores sur l'un des charbons, celui-ci commence à osciller; par conséquent la pression qu'il exerce sur le charbon avec lequel il est en contact présente des variations. Il en résulte des variations de l'intensité du courant qui traverse les charbons.

Le microphone employé par HÜRTHLE se compose d'un petit entonnoir fermé par une membrane en papier (M). A cette membrane se trouve fixé, comme le marteau à la membrane du tympan, un petit morceau de bois dont l'extrémité est formée par un des trois morceaux de charbon intercalés dans le circuit. Deux morceaux de charbon (K_1 , K_2) présentent une petite cavité à leur extrémité; le troisième (K_3), qui est entre les deux précédents, se termine par des pointes qui pénètrent dans les cavités présentées par les extrémités des deux autres charbons (K_1 , K_2). A l'aide d'une vis on peut rapprocher un des charbons (K_2) plus ou moins des charbons précédents, et par conséquent les comprimer plus ou moins. Quand un des charbons commence à vibrer sous l'influence des vibrations sonores, il y a des variations de pression entre les contacts des charbons, et par conséquent des variations de l'intensité du courant électrique qui passe par les fils (d_1 , d_2) et les charbons.

En enregistrant les variations de l'intensité du courant électrique, on enregistre les bruits du cœur.

En intercalant le microphone dans le circuit primaire d'une bobine d'induction, on obtient des courants induits correspondant aux variations d'intensité du courant provoquées par les bruits du cœur. En excitant par ces courants induits le nerf du muscle gastrocnémien de la grenouille (à la température de 30°, pour avoir une excitabilité plus grande du nerf) et en enregistrant les contractions musculaires, on obtient la représentation graphique des bruits du cœur. C'est ainsi qu'a procédé HÜRTHLE.

Les ébranlements thoraciques provoqués par les battements du cœur influencent le microphone au même degré que les vibrations sonores. Pour éviter l'influence de ces ébranlements sur le microphone, HÜRTHLE plaçait le microphone sur la surface précordiale loin de la pointe.

Pour éviter complètement l'intervention des ébranlements mécaniques, EINTHOVEN et GELUK (1894) ont placé le microphone loin de la paroi thoracique sur une pierre reposant sur quatre morceaux de caoutchouc fixés à une colonne. A cette même colonne se trouve fixé un tube métallique, dont une extrémité est reliée par un tube de caoutchouc avec l'entonnoir du microphone, et l'autre extrémité, toujours par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc, avec un entonnoir qu'on place sur la paroi précordiale. Le tube métallique présente une troisième ouverture munie d'un robinet qu'on ouvre pour régler la pression à l'intérieur du tube.

Pour enregistrer les bruits du cœur, c'est-à-dire les variations de l'intensité électrique, EINTHOVEN et GELUK, au lieu d'intercaler dans le fil de la bobine d'induction un muscle, comme HÜRTHLE, ont intercalé un électromètre capillaire. Les variations de la hauteur de la colonne capillaire de l'électromètre étaient enregistrées par la photographie.

HÜRTHLE (1893) a construit un microphone plus perfectionné que celui que nous avons décrit. S'étant assuré que la tige d'un diapason en bois vibre parfaitement à l'unisson du son transmis, il a fixé les contacts du microphone (charbon et argent) sur les deux branches d'un diapason de ce genre. Entre la tige de l'instrument et la paroi thoracique, il a interposé un appareil destiné à renforcer le son (cône creux de bois) dans lequel une série de disques minces en sapin sont superposés et fixés sur une tige

de bois cylindrique qui les traverse en leur centre). Les variations du courant produites par les ébranlements des contacts du microphone servent à exciter un électro-aimant. En face de ce dernier est disposé un tambour à air fermé par une membrane élastique épaisse et fortement tendue, sur laquelle est fixée une lame de fer actionnée par l'électro-aimant; les variations de pression dans la capsule sont inscrites par un tambour enregistreur. On peut aussi faire agir le microphone sur un téléphone.

HOLOWINSKI a réussi, vers 1893, à instituer une méthode entièrement automatique pour photographier les bruits du cœur.

Le principe de cette méthode repose sur ce fait que la tension périodique des valvules est non seulement synchronique avec les vibrations sonores des bruits stéthoscopiques, mais aussi avec les secousses mécaniques (ébranlements) qui l'accompagnent en se propageant sur toute la surface du thorax. Ces secousses sont directement insensibles à l'ouïe (à cause de leur petite fréquence; mais on les sent souvent sous la pression du doigt et on les voit par la réflexion d'une mire sur un miroir appliqué à tous les points du thorax.

Pour fixer photographiquement les instants de ces secousses, HOLOWINSKI a employé un appareil qui comprend quatre organes principaux :

1° Un microphone perfectionné, appliqué sur la surface du cœur;

2° Un téléphone optique, excité par le microphone, et dont le diaphragme produit les anneaux colorés de NEWTON;

3° Un système optique pour éclairer les anneaux et en réfléchir l'image réelle, inverse et agrandie, sur une étroite fente verticale;

4° Un cylindre, enveloppé par un papier très sensible, qui tourne derrière la fente de la chambre photographique.

Examinons chacune de ces parties séparément :

I. Le microphone (à contacts de charbon et platine) est fixé, par l'entremise d'un axe de rotation, sur le support d'un cardiographe à transmission aérienne, et l'on règle rapidement la sensibilité voulue de l'instrument, en l'inclinant plus ou moins autour de son axe, par rapport à la direction verticale. De plus, l'amplitude des vibrations microphoniques peut être amortie à l'aide d'une spirale, qui permet d'éliminer l'effet des secousses accidentelles et plus faibles au profit des ébranlements plus forts, synchroniques avec les bruits. En commençant par la sensibilité minimum du microphone, et en l'augmentant successivement, on entendra : (a) d'abord les deux bruits si faiblement que l'application immédiate de l'oreille au téléphone devient alors nécessaire; (b) puis, le premier bruit s'entend à distance, tandis que le second ne l'est pas encore; (c) les deux bruits sont assez forts pour être perçus à grande distance; (d) enfin le rythme des bruits devient de plus en plus indistinct et est accompagné de trépidations accidentelles (interruptions momentanées du courant).

La phase (c) de la régulation convient seule pour la photographie des deux bruits, et elle est maintenue indéfiniment, une fois réglée, tant que le microphone ne change pas son inclinaison par rapport à la verticale. Les commencements des sons téléphoniques sont alors nets et précis et coïncident exactement avec l'auscultation simultanée d'un stéthoscope. Le diaphragme du téléphone accomplit des vibrations sonores qui dépassent souvent 0^{mm},0002 pour le premier bruit et sont généralement moindres pour le second bruit.

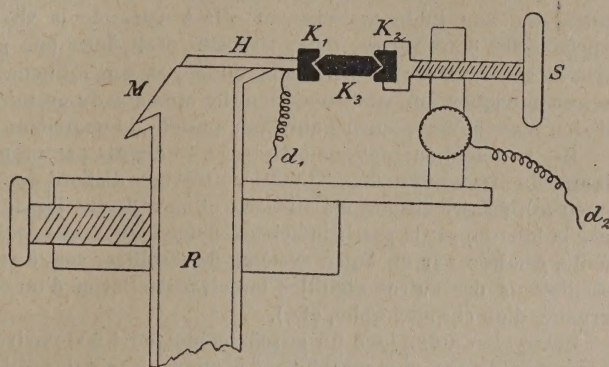


FIG. 151. — Microphone de HÜRTHLE.

II. Le diaphragme du téléphone optique porte à son centre une fine aiguille, terminée par un chapeau, que l'on collé à la surface (vernée en noir) d'une mince ($0^{\text{mm}},4$) lame de verre. Cette lame acquiert ainsi une courbure convexe (à très grand rayon) et se trouve placée à une petite distance sous une autre lame plus épaisse (micromètre de BABINET), qui est portée par trois vis micrométriques (méthode de FIZEAU). La couche d'air comprise entre ces deux lames forme les anneaux colorés, dont les diamètres se contractent ou se dilatent sous l'influence d'un mouvement descendant ou ascendant du diaphragme.

Lorsque le sens du courant est inverse, c'est-à-dire contraire au champ magnétique des noyaux dans les bobines téléphoniques, et que la sensibilité du microphone est réglée de manière à ne jamais interrompre le circuit galvanique, alors chaque secousse cardiaque (bruit) accroît la résistance du microphone et affaiblit l'intensité primitive du courant; son effet se traduit par un mouvement total brusque et descendant du diaphragme téléphonique, qui est d'ailleurs concomitant avec les vibrations sonores.

On obtiendra, dans les mêmes expériences, un mouvement ascendant du diaphragme en changeant le sens du courant (direct, c'est-à-dire concordant avec le champ magnétique des noyaux). Néanmoins, toutes autres conditions égales, le mouvement ascendant aura une amplitude moindre, et cela à cause de la viscosité de l'air, condensé à la surface des deux verres. Cette viscosité croît dans une progression rapide, à mesure que la couche d'air devient plus mince, et son influence est manifeste aux mesures micrométriques, non seulement pour les anneaux du premier ordre ($0^{\text{mm}},0002$ d'épaisseur d'air), mais même pour les anneaux au delà du quatrième ordre ($0^{\text{mm}},001$).

III. Le téléphone optique est placé à 45 degrés par rapport aux rayons émis par une lampe au magnésium, dont la lumière traverse d'abord deux verres violets ($\lambda = 0^{\text{mm}},0004$ environ), éclaire ensuite les anneaux et en réfléchit l'image réelle (agrandie 4 à 5 fois par la lunette) sur la partie inférieure d'une fente verticale. La partie supérieure de cette fente, éclairée par un autre système de lentilles, sert à enregistrer simultanément les oscillations des autres aiguilles inscrivantes (levier d'un cardiographe, d'un pneumographe, d'un chronographe, etc.).

HOLOWINSKI a employé un grossissement de 1.600 environ; rapport entre les amplitudes de l'image photographiée des anneaux mobiles et les amplifications correspondantes du diaphragme téléphonique.

La secousse du premier bruit cardiaque produit ordinairement une contraction de l'anneau central (violet clair, du deuxième ordre) de plus de 8 millimètres, ce qui correspond à un déplacement total et descendant du diaphragme de $0^{\text{mm}},0005$, calculé sous l'incidence de 45 degrés pour la valeur déterminée d'avance de la courbure du verre inférieur.

Après chaque contraction principale, on voit apparaître sur les photogrammes d'autres dentelures aux contours des anneaux: ce sont les vibrations sonores des bruits téléphoniques, dont la fréquence a varié de 25 à 45 par seconde et dont l'amplitude dépasse quelquefois $0^{\text{mm}},0002$.

Avec cette méthode, on pourra atteindre facilement des grossissements linéaires de plusieurs millions, et cela en diminuant la courbure du verre, en remplaçant la lunette faible par un microscope, et enfin en agrandissant une seconde fois les photogrammes obtenus à l'aide d'un autre microscope.

IV. La limite pratique de l'agrandissement dépendra de la sensibilité du papier photographique, par rapport à la durée de son exposition (de 0,01 seconde, avec une vitesse de 50 millimètres par seconde, dans les expériences de HOLOWINSKI) ainsi que de l'intensité de la lumière réfléchie.

Voici comment HOLOWINSKI a fait la vérification chronométrique de son appareil:

a) En fixant le microphone invariablement sur un support plus lourd, et en touchant celui-ci avec un bouton métallique, de manière à fermer chaque fois un circuit électro-magnétique, les indications de l'électro-aimant récepteur ont toujours été synchroniques (à 0,01 seconde près) des mouvements correspondants des anneaux (dans un autre circuit); il n'y a donc pas retard (pratique) entre l'instant de la secousse et les contractions (ou dilatations) des anneaux.

b) L'expérience précédente, répétée avec un électromètre capillaire vertical (au lieu

du téléphone optique), ne donne pas des mesures aussi exactes, à cause de l'inertie et du frottement de la colonne mercurielle, dont l'influence est manifeste pour les secousses rapidement répétées.

c) En remplaçant, dans l'expérience (a), le microphone par un tambour de MAREY, dont on touche périodiquement la membrane, on constate le synchronisme entre les signaux de l'électro-aimant et les commencements des secousses aériennes, lorsque le levier du cardiographe est suffisamment amorti.

d) Le téléphone optique, grâce à la minime inertie de son diaphragme et à l'amplitude microscopique de ses mouvements, amortis par la viscosité de l'air, donne des indications pratiquement exactes pour l'inscription chronométrique des commencements des bruits cardiaques, séparés d'ailleurs par d'assez longues intermittences; d'autre part, la fréquence, la phase, l'intensité et le timbre de l'onde perçue par le microphone, sont alors évidemment et complètement changés.

§ IV. — Enregistrement des mouvements des valvules.

CHAUVEAU (1894), pour déterminer sur les tracés la position du second bruit du cœur, a introduit chez le cheval, par la carotide, un explorateur électrique du mouvement des valvules sigmoïdes, et il a enregistré ces mouvements en regard des tracés cardiographiques. Voici la description du dispositif de CHAUVEAU :

Une sonde métallique à double courant est munie de deux ampoules cardiographiques du type de l'ampoule ordinaire. Ces deux ampoules sont séparées par un espace de 3 centimètres environ. Leur disposition est telle que l'une peut être placée dans le ventricule gauche, l'autre restant dans l'aorte au-dessus de ces mêmes valvules. Alors l'étranglement qui sépare les deux orifices occupe le centre même de l'orifice aortique. Là, cette partie de l'appareil est tantôt libre, tantôt serrée par les valvules, suivant que l'orifice est ouvert ou fermé. Sur cet étranglement on a disposé un contact électrique qui s'établit ou se rompt par le jeu d'une étroite lame élastique faisant office d'un ressort flexible. Le circuit électrique est formé par l'armature métallique de la sonde et par un fil isolé inclus dans la cavité externe de celle-ci. Ce fil est soudé à une petite plaque de platine également isolée, contre laquelle vient s'appuyer l'extrémité libre du ressort, garnie d'une petite pointe de platine. Des pinces extérieures servent à mettre dans le circuit une pile et un signal électro-magnétique qui marque toutes les ouvertures et toutes les fermetures du circuit, déterminées par le jeu des valvules.

IV

Pléthysmographie.

Les appareils à l'aide desquels on fait l'enregistrement des variations de volume des membres et des organes s'appellent des *pléthysmographes* (πληθυσμός = accroissement — γραφή = écriture).

Les variations de volume sont déterminées par les variations de la quantité de sang que les organes contiennent.

On sait que, pour mesurer le volume d'un corps, on le plonge dans un liquide et on mesure le volume du liquide déplacé. — Cette méthode, dont l'invention appartient à ARCHIMÈDE, s'applique aussi en physiologie.

Des observations anciennes, celles de SWAMMERDAM par exemple, ont montré que si un membre, ou l'extrémité d'un membre, est renfermé dans une espace plein d'eau, espace qui communique avec un tube également plein d'eau, la colonne liquide contenue dans ce tube présente des oscillations.

POISEUILLE (1829) a vu que, si l'on place une grosse artère de cheval dans un appareil, à déplacement liquide, il existe une élévation du niveau du liquide à chaque impulsion du cœur ou à chaque diastole artérielle. Au contraire, il y a un abaissement du niveau du liquide aux moments où le cœur se repose et quand le sang s'évacue par les veines.

POISEUILLE a vu de plus les variations du niveau du liquide provoquées par la respiration : la dépression du liquide était au minimum pendant l'inspiration, et au maximum pendant l'expiration.

PIÉGU (1847) a vu, en poussant une injection dans le membre inférieur d'un cadavre immergé dans un grand vase d'eau tiède, que le liquide du vase débordait quand l'injection distendait les vaisseaux. PIÉGU a fait de plus des observations analogues sur l'homme vivant.

Avant PIÉGU, CHELIUS a vu les oscillations d'une colonne d'eau contenue dans un tube vertical qui surmontait un cylindre plein d'eau et contenant l'extrémité d'un membre. — Ces recherches restèrent longtemps inconnues, car CHELIUS ne les a publiées qu'en 1850.

L'appareil de CHELIUS était suspendu librement. Ainsi l'influence des mouvements musculaires du membre et l'effet des oscillations du corps sur les variations du niveau de la colonne liquide se trouvaient amoindris.

Le dispositif employé par CHELIUS se retrouve dans les appareils pléthysmographiques qui servent à l'enregistrement des variations de volume des membres.

§ I. — *Pléthysmographie des membres.*

Les pléthysmographes des membres peuvent être à transmission liquide ou à transmission à air.

A. **Les pléthysmographes à transmission liquide** se composent d'un récipient plein d'un liquide dans lequel on place un membre ou l'extrémité d'un membre. Ce récipient communique avec un tube dans lequel on voit les variations de volume du membre se traduire par les oscillations de la colonne liquide. On enregistre ces oscillations de la colonne, et on obtient ainsi un *pléthysmogramme*.

Voici la description de quelques formes spéciales de *pléthysmographes*.

L'appareil de FICK se compose d'un récipient cylindrique en fer-blanc rempli d'eau tiède. La membrane de caoutchouc qui se trouve à l'une des extrémités du récipient livre passage à l'avant-bras. Quand l'avant-bras est introduit dans le récipient, celui-ci est rendu étanche à l'aide d'une épaisse couche d'argile consolidée par une plaque métallique.

Le récipient présente deux ouvertures : l'une est pour l'introduction de l'eau : l'autre est mise en communication avec une branche d'un tube en U (une sorte de tube manométrique). L'autre branche de ce tube contient un flotteur muni d'une plume qui trace ses mouvements sur une surface enregistreuse quelconque. Le flotteur consiste en une petite plaque de liège ; sur la tige du flotteur, qui est en jonc, sont collées de distance en distance des aiguilles sagittales et frontales qui empêchent les mouvements latéraux du flotteur.

Mosso a montré que l'appareil de FICK ne convenait pas à l'enregistrement des variations de volume, car le poids de la colonne liquide qui monte dans le tube manométrique exerce une pression nuisible dans l'intérieur du récipient. Cette influence de la colonne est très marquée quand elle s'élève à 20 centimètres au-dessus du zéro.

Pour éviter cet inconvénient, Mosso (1874) a construit un dispositif enregistreur spécial appelé *hydrosphygmographe*. L'appareil de Mosso ne peut pas enregistrer les variations rapides, mais il inscrit très bien les variations lentes de volume et donne la mesure absolue de ces variations. La partie essentielle de cet appareil est une éprouvette suspendue, plongeant dans un vase plein d'eau alcoolisée. Dans cette éprouvette plonge le tube qui le relie avec le cylindre de verre dans lequel le bras est plongé jusqu'au-dessus du coude. L'éprouvette est suspendue à l'aide d'une corde qui passe sur une poulie et qui porte à son autre extrémité un contrepoids et une plume enregistreuse. Quand le volume du membre contenu dans le récipient augmente, de l'eau pénètre dans l'éprouvette, celle-ci plonge dans le liquide, le contrepoids monte et trace sur le cylindre, enregistreur une courbe ascendante. Au contraire, quand le volume du membre diminue, de l'eau passe de l'éprouvette dans le récipient cylindrique, l'éprouvette allégée monte, et le contrepoids descend et décrit une courbe descendante.

Le *pléthysmographe* de KRONECKER (construit par KLÖPPER) ressemble en partie à celui de Mosso. Comme lui, il a une manchette de caoutchouc à double paroi, avec un tube à l'aide duquel on insuffle de l'air afin de réaliser une étanchéité plus parfaite de l'instrument. Un thermomètre indique la température de l'appareil.

L'appareil inscripteur consiste en une petite boîte de verre pleine d'eau mise en communication avec le pléthysmographe. Sur la surface de l'eau flotte une petite plaque de liège carrée imbibée de paraffine. Cette plaque présente sur sa face supérieure un petit prisme de caoutchouc durci, formant une sorte de couteau qui supporte le levier inscripteur. Les changements de niveau de l'eau, étant très petits, n'exercent qu'une très faible variation de pression sur le bras. Les petits mouvements du niveau de l'eau sont amplifiés par le levier inscripteur. L'appareil est gradué à l'aide d'une burette qui, par l'intermédiaire d'un tube en T et d'un robinet, est en communication avec l'appareil.

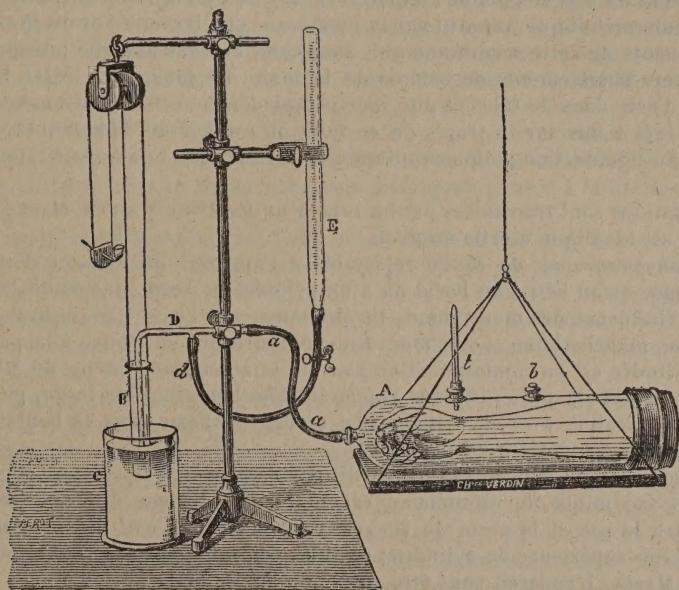


FIG. 152. — Hydrosphygmographe de Mosso.

On met la burette en communication avec l'appareil inscripteur seulement, et on marque les ordonnées correspondant à des nombres de centimètres cubes déterminés introduits à l'aide de la burette.

Dans le *pléthysmographe* de BOWDITCH (1879), comme dans l'appareil de Mosso, l'eau qui sort du récipient qui contient le membre passe par un tube qui descend jusqu'au fond d'une éprouvette. Cette éprouvette est suspendue au moyen d'un ressort spécial dont l'allongement est proportionnel à l'élévation du niveau du liquide contenu dans l'éprouvette. Les variations de longueur du ressort sont enregistrées au moyen d'une plume fixée à l'extrémité inférieure du ressort.

SEWALL et SANFORD (1890) plaçaient le doigt, médium ou index, dans un tube plein d'huile ou d'eau salée, bien fermé par une membrane de caoutchouc et par de la vaseline. Ce tube communiquait avec le tonomètre de ROY, formé par une sorte de piston recorder plein d'huile. Le fond du corps de pompe du piston-recorder était dirigé vers le haut, et le levier inscripteur était en dessous; le piston est attaché au bord du cylindre par une membrane lâche et inextensible qui empêche le liquide de s'écouler.

B. Pléthysmographe à transmission à air. — On peut transformer le pléthysmographe à transmission liquide de FICK en pléthysmographe à transmission à air, si

on enlève le flotteur du tube manométrique et si on réunit l'extrémité supérieure de ce tube à un tambour enregistreur de MAREY. C'est BUISSON (1862) qui, le premier, a enregistré de cette façon les variations de volume d'une main plongée dans un bocal rempli d'eau.

On peut aussi enregistrer à distance, à l'aide d'un tambour de MAREY ou d'un piston-recorder, les variations de volume de l'air contenu dans un récipient clos, plein d'air, et contenant un membre.

Nous avons donc à considérer deux sortes de pléthysmographes à transmission à air : 1° les *pléthysmographes à liquide* et 2° les *pléthysmographes à air* ou à gaz, si au lieu d'air le récipient contient un gaz quelconque.

a) Les *pléthysmographes à liquide* et à transmission ne sont en définitive que les pléthysmographes directs un peu transformés.

FRANÇOIS-FRANCK a perfectionné l'appareil de BUISSON de la façon suivante :

Un opercule métallique, rabattu sur la membrane que traverse l'avant-bras, s'oppose aux mouvements de cette membrane qui, sans cela, eussent absorbé presque entièrement les divers changements de volume de la main. De plus, pour éviter l'inertie de la colonne d'eau dans le tube étroit, inertie qui déforme les mouvements rapides, FRANÇOIS-FRANCK a mis sur le trajet de ce tube un renflement dans lequel se font les oscillations du liquide. Une poignée contenue dans le bocal, et qu'on saisit, tient la main immobile.

Les oscillations sont transmises par un tube à un tambour à air de MAREY. La forme des courbes est identique à celle du poulx.

L'*hydrosphygmographe* de Mosso ressemble à l'appareil de FRANÇOIS-FRANCK, avec cette différence qu'au lieu d'un bocal on a un cylindre de verre, suspendu au plafond, pour éviter l'influence des mouvements involontaires sur l'eau. L'avant-bras est introduit dans une manchette en caoutchouc. Une tubulure qui se trouve à la partie supérieure du cylindre est en communication avec un tambour inscripteur de MAREY. Pour maintenir constante la pression dans l'appareil, une bouteille très large, pleine d'eau, est en communication avec le cylindre. Le niveau de l'eau dans la bouteille s'élève jusqu'à la tubulure supérieure du cylindre.

Le *pléthysmographe* de LEHMANN (construit par ZIMMERMANN) se compose d'un cylindre en zinc. Un sac mince de caoutchouc est placé à l'intérieur du cylindre. L'espace compris entre le sac et la paroi de zinc est rempli d'eau. L'eau monte dans un tube fixé à la partie supérieure du cylindre ; ce tube communique avec un tambour enregistreur de MAREY. L'appareil peut être suspendu au plafond.

BOWDITCH et WARREN (1886), dans leurs expériences *pléthysmographiques*, ont placé l'extrémité d'un animal dans un tube de verre plein d'eau communiquant avec des récipients pleins d'eau froide et d'eau chaude. Ce tube était en communication avec un tambour à air inscripteur de GRUNMACH. Le tambour avait 3, 4 centimètres de diamètre avec un levier long de 20 centimètres. L'amplification était égale à 40.

b) — 1). Parmi les *pléthysmographes à gaz*, citons d'abord l'appareil de Mosso : le *pléthysmographe gazométrique*. Dans cet appareil le membre est renfermé dans un espace clos plein d'air. Le pied est chaussé d'un soulier de gutta-percha ; la main est placée dans une bouteille sans fond ou dans un gant de gutta-percha, qu'on ferme au poignet avec du mastic de vitrier. On mesure l'air qui se déplace par suite des changements du volume des membres.

L'air dont il s'agit de mesurer le déplacement pénètre, par un tube en caoutchouc, à travers le fond d'un vase de verre rempli d'un liquide léger, éther de pétrole ou éther éthylique ; le tube monte au-dessus du niveau du liquide. Le vase rempli de liquide est recouvert d'un petit cylindre métallique, équilibré par un contrepoids. On a ainsi un petit *gazomètre*. Les mouvements du cylindre sont inscrits par la plume qui est fixée au contrepoids.

Le *pléthysmographe* d'ELLIS (1885) se compose d'un petit tube de verre effilé à son extrémité, dans lequel on place les membres de la grenouille. — Ce tube communique par un tube en T avec un tambour à air et avec un tube qui sert au réglage de la pression de l'air dans l'appareil.

2) Le *pléthysmographe digital* de HALLION et COMTE (1894) est destiné à explorer les variations de volume d'un doigt. Il comprend deux modèles :

Le *modèle à ampoule semi-rigide* se compose d'un doigt de gant en caoutchouc, volumineux, de forme cylindrique, à parois épaisses de 1 millimètre au moins, et, par conséquent, assez résistantes à la déformation. Ce doigt de gant est clos à sa base par un diaphragme percé d'un orifice central, orifice sur lequel s'insère un tuyau de caoutchouc. Autour du doigt de gant il y a une gaine de tissu souple, mais inextensible : cuir, drap ou toile. Si le doigt introduit entre l'ampoule et la paroi semi-rigide vient à augmenter de volume, il ne peut le faire qu'en déprimant la paroi de l'ampoule ; s'il diminue de volume, la paroi de l'ampoule, en vertu de son élasticité, le suit dans son retrait ; dans le premier cas, la cavité de l'ampoule est resserrée ; elle est dilatée dans le second. En reliant un tambour de MAREY au tube, on inscrit ces variations.

On peut aisément, pourvu que la gaine extérieure soit assez ample, introduire dans cet appareil deux doigts ensemble. On peut aussi pourvoir à la fois plusieurs doigts de pléthysmographes appropriés, et collecter les indications, en faisant converger leurs tubes en un tube unique. Enfin, on peut tenir l'ampoule entre les doigts réunis en cône, et coiffer ce cône d'une gaine inextensible (BINET et COURTIER).

Le *modèle à valves élastiques* n'étant plus employé à l'exploration du volume des doigts, mais à l'exploration des variations de volume d'une foule d'organes, nous le décrirons plus loin, dans le paragraphe consacré spécialement à la pléthysmographie des organes.

POSTMA (1904) a photographié les indications données par l'appareil de HALLION et COMTE de la façon suivante. Les pulsations du pléthysmographe sont transmises à un petit manomètre à eau. Dans la branche libre du manomètre, se trouve placé un petit flotteur surmonté d'un disque de papier qui intercepte partiellement les rayons d'une source lumineuse qui tombent sur un microscope. Un enregistreur photographique se trouve placé devant l'oculaire.

3) Pour faire l'étude des changements de volume des pattes du chien, WERTHEIMER (1884) s'est servi d'un système d'ampoules conjuguées.

La plupart des appareils pléthysmographiques à air peuvent être pourvus d'une ampoule. — Dans ce cas, au lieu de relier directement la cavité du pléthysmographe à un tambour enregistreur de MAREY, on la relie à la cavité d'une ampoule de caoutchouc pareille au sphymoscope de CHAUVEAU et MAREY, et on enregistre les variations de volume de cette ampoule, qui sont elles-mêmes commandées par les variations de volume de l'organe exploré. Ce dispositif permet d'exercer sur l'organe des compressions assez fortes, ce qui est parfois utile.

4). Pour faire la pléthysmographie de la *langue*, voici comment on procède (HALLION) :

Deux planchettes ayant à peu près la largeur de la langue sont placées, l'une sur la face supérieure de la langue ; l'autre, échancrée en arrière pour laisser place au frein de la langue, repose sur la face inférieure. Deux gouttières longitudinales sont creusées sur la face inférieure de la planchette supérieure ; deux ampoules de caoutchouc, à paroi un peu résistante, sont logées dans ces gouttières. Deux cordons relient les deux plaques de bois. — Suivant le volume de l'animal, l'appareil est plus ou moins grand. — Si la crête longitudinale médiane de la plaque supérieure est assez saillante, on peut comprimer la langue suivant son raphé, et en isoler ainsi les deux moitiés l'une de l'autre.

Le *pléthysmographe labial* se compose d'une pince dont les mors peuvent être rapprochés ou écartés à volonté à l'aide d'une vis de rappel. A l'extrémité de chaque mors, et suivant une direction perpendiculaire à celle des branches de la pince, se trouve fixée une valve à paroi élastique. Les deux valves se regardent par la concavité de leurs gouttières. Elles sont légèrement inclinées l'une sur l'autre, de telle sorte que leurs bords supérieurs, qui répondent au bord de la lèvre, se rejoignent presque ; tandis que leurs bords inférieurs conservent un écartement suffisant pour ne pas comprimer la base même de la lèvre au point d'entraver la circulation.

Les ampoules du pléthysmographe labial, comme celles du pléthysmographe lingual, sont mises en communication avec des tambours enregistreurs de MAREY.

Pour faire la pléthysmographie des *fosses nasales*, on commence par fermer l'orifice postérieur des fosses nasales par un tampon, comme cela se pratique chez l'homme dans le cas d'épistaxis incoercible. Ensuite, on choisit un tube de caoutchouc dont le calibre extérieur est un peu supérieur au calibre intérieur de l'orifice nasal antérieur. Pinçant entre les deux mors d'une pince hémostatique un bout du tube de caoutchouc, on exerce une traction sur l'autre bout; on étire ainsi le tube, et l'on introduit dans la narine l'extrémité pincée. — Le tube étant en place, on le laisse reprendre sa forme, et on retire la pince. La fosse nasale constitue ainsi un espace clos qu'on peut relier à un tambour enregistreur, qui inscrira les variations d'épaisseur de la muqueuse.

Pour faire la pléthysmographie *auriculaire*, on enroule l'oreille autour d'un bâton de cire à modeler; on impose ainsi à l'oreille une forme convenable, et on inclut le tout entre deux valves à membranes de caoutchouc (HALLION).

5) Quand les variations de volume sont trop faibles pour pouvoir être enregistrées directement, on peut employer des relais amplificateurs. — Voici comment on procède dans ce cas : Le récipient dans lequel est placé le doigt, par exemple, est mis en communication, à l'aide d'un robinet à trois voies, avec un tube indicateur (KLIPPEL et DUMAS) formé par un tube de verre de petit calibre dans lequel peut se déplacer un index liquide. Au lieu d'un index, on peut avoir une colonne liquide continue, si l'on fait plonger l'extrémité coudée du tube dans un liquide coloré. Sur la tubulure latérale se trouve adaptée une petite seringue qui permet d'aspirer l'index du tube de verre et de le mettre à un niveau quelconque. — Les indications données par l'appareil indicateur sont enregistrées de la façon suivante (HALLION et FRANÇOIS-FRANCK) : le tube indicateur est posé sur une table. Derrière lui, à quelque distance, est fixé un tambour explorateur de MAREY; le levier de ce tambour est très long, croise perpendiculairement le tube indicateur. Un aide observe constamment le niveau marqué par ce tube, et fait suivre au levier les oscillations de ce niveau; ces oscillations se trouvent ainsi enregistrées par le tambour inscripteur relié au tambour explorateur.

C. Erreurs des pléthysmographes. — Les appareils pléthysmographiques comportent de notables causes d'erreur : 1° La partie explorée, insuffisamment immobilisée dans l'intérieur de l'appareil, tend à changer de position, au grand détriment de la précision des tracés. En suspendant l'appareil, on n'atténue que partiellement cet inconvénient, le récipient présentant toujours, par le fait même de son poids, une fixité relative. Aussi, pour peu que le membre se meuve, voit-on des modifications tout accidentelles se substituer ou se combiner aux courbes volumétriques. Cet inconvénient s'atténue beaucoup dans les pléthysmographes à récipient contenant de l'air; car on peut modifier considérablement la position de la main dans l'espace, sans changer ses rapports avec le récipient qui l'inclut; mais l'interposition d'une grande masse gazeuse entre l'organe exploré et le tambour inscripteur peut émousser les indications fournies par celui-ci.

2° Il est assez difficile d'en assurer l'occlusion, surtout si l'on opère sur des sujets différents; il est dès lors nécessaire qu'on ait à sa disposition une série de manchons interchangeable. Quant à l'occlusion réalisée avec du mastic, un mouvement risque de la compromettre.

§ II. — Pléthysmographie des organes internes en place.

Pour enregistrer les variations de volume des organes, comme le rein, la rate, l'intestin, etc., il faut procéder de la même façon que dans le cas d'un membre, c'est-à-dire, il faut renfermer l'organe dans un récipient clos contenant un liquide ou un gaz quelconque et faire communiquer ce récipient avec un appareil enregistreur, avec un piston-recorder, ou avec un tambour à air de MAREY.

Parmi les organes, il y en a un, le cerveau, qui, étant contenu naturellement dans une boîte inextensible, s'offre plus facilement à l'observation. La cavité crânienne constitue une sorte de pléthysmographe naturel; pour enregistrer les variations de

volume du cerveau qu'il contient, il suffira de faire un trou dans la paroi crânienne pour mettre son contenu en relation avec un tambour à air.

A. Pléthysmographie du cerveau. — Les mouvements du cerveau peuvent être facilement enregistrés à l'aide de la transmission à air chez les animaux et quelquefois chez l'homme aussi.

1) Les mouvements du cerveau ont été observés pour la première fois par BOURGOGNON (*Th. de Paris*, 1839), en plaçant un tube ouvert perpendiculairement dans une ouverture faite dans le crâne d'un animal.

L'enregistrement des mouvements du cerveau du chien a été fait par SALATHÉ, FREDERICO, ROY et SHERRINGTON. Ces deux physiologistes se sont servis d'un appareil spécial appliqué au trou du trépan; ils éliminaient l'influence de la pression du liquide céphalo-rachidien, en permettant à ce liquide de s'échapper sur les bords de l'orifice osseux.

FREDERICO (1887), pour enregistrer les mouvements du cerveau, a procédé de la façon suivante : il décollait au thermocautère le muscle temporal de ses attaches, il enlevait à l'aide du trépan une lamelle osseuse de 2 centimètres de diamètre, il réséquait la dure-mère, et il adaptait à l'orifice un tube appelé par lui *pléthysmographe cérébral*.

WERTHEIMER (1893) a employé la même méthode à peu près : il a coulé tout autour de l'orifice une couronne de cire à cacheter de quelques millimètres de hauteur, à laquelle il a raccordé un tube de verre qui, évasé inférieurement sur une longueur de 4 à 5 centimètres, ayant un diamètre un peu supérieur à celui de l'orifice osseux, se rétrécissait presque immédiatement sur une longueur de 3 ou 4 centimètres. Ce tube était rempli d'eau jusqu'à une certaine distance de son bout supérieur, et il était mis en communication avec un tambour de MAREY.

2) Les mouvements du cerveau chez l'homme peuvent être facilement enregistrés, dans les cas de trépanation ou de perte de substance osseuse de la boîte crânienne due à une lésion quelconque. Il suffit dans ce cas de placer sur les tissus qui recouvrent le trou de la boîte crânienne un tambour explorateur analogue au cardiographe de MAREY et de relier cet appareil avec un tambour enregistreur.

Dans les cas où le trou crânien est ouvert, on le recouvre d'une plaque de caoutchouc sur laquelle on pose l'appareil. C'est ainsi qu'ont fait Mosso, MAYS et autres.

BINET et SOLIER (1875) ont enregistré le pouls cérébral chez l'homme à l'aide du dispositif suivant :

Un dilateur utérin en baudruche était appliqué et enfoncé dans la plaie crânienne et recouvert ensuite de plusieurs bandes faisant le tour de la tête; on gonflait légèrement ce dilateur au moyen d'un tube de caoutchouc qui était ensuite relié à un tambour enregistreur; le dilateur se moulait en quelque sorte sur toutes les anfractuosités de la cavité où on l'avait logé.

B. Pléthysmographie d'un organe quelconque. — Les pléthysmographes des organes, comme ceux des membres, peuvent être soit à transmission liquide, soit à transmission à air.

1) Parmi les *pléthysmographes à transmission liquide*, il faut citer en premier lieu l'*oncographe* de ROY.

Cet appareil se compose d'une sorte de boîte ovale métallique, dont les deux moitiés qui la composent sont articulées à l'aide d'une charnière. Les bords des deux moitiés présentent chacun une échancrure, qui, quand la boîte est fermée, forment une sorte d'ouverture qui livre passage au hile de l'organe qu'on renferme dans la boîte. Chaque valve de la boîte est tapissée intérieurement d'une sorte de séreuse (un sac à double paroi). Les parois internes de ces sacs remplis d'huile s'appliquent sur l'organe renfermé dans la boîte, tandis que les parois externes s'appliquent aux parois métalliques de la boîte.

L'intérieur des sacs communique à l'aide d'un tube rempli également d'huile avec une sorte de piston-recorder qui enregistre les variations de volume de l'organe contenu dans la boîte. Un autre tube qui traverse également la paroi de la boîte sert au remplissage de l'appareil avec de l'huile.

Roy s'est servi de son pléthysmographe, au début, pour faire l'enregistrement des variations de volume du rein, de là le nom d'*oncographe*.

Plus tard, par extension, on a employé ce nom pour désigner tous les pléthysmographes des organes internes. C'est là une erreur, car le terme d'*oncographe* ne peut s'appliquer qu'aux appareils qui enregistrent les variations de volume du rein.

La boîte de l'appareil de Roy qui renferme le rein a été appelée *oncomètre*. Par extension, on a appelé *oncométrie* cette façon spéciale d'enfermer un organe dans un espace clos, pour faire l'étude des variations de volume. Cette expression, comme aussi l'extension donnée au mot *oncographe*, est mauvaise.

2) Les *pléthysmographes à air* se composent d'un récipient analogue à celui de

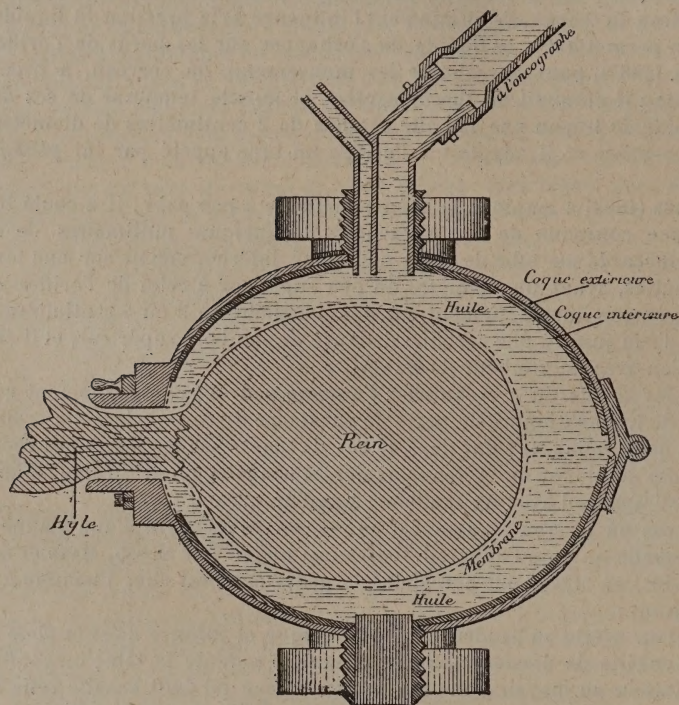


FIG. 153. — Oncographe de Roy.

l'*oncographe* de Roy, dont les sacs sont remplis d'air. Ces sacs, ou coussinets à air, sont mis en communication par un tube en caoutchouc avec un tambour enregistreur ou avec un piston-recorder.

On peut, grâce à des valves formées d'une membrane de caoutchouc et d'une feuille de métal malléable, à laquelle on donne la forme qui convient pour épouser la surface de l'organe, étudier les variations de volumes de n'importe quel organe : foie, pancréas, glandes sous-maxillaires, lobes pulmonaires, certains muscles, etc. On peut employer, soit des valves en forme de gouttière, soit des coquilles semi-ovoïdes. Il est facile d'imaginer et de construire, sur un même type, des appareils de formes très diverses.

Le *pléthysmographe à valves élastiques* de HALLION et COMTE, délaissé pour l'exploration du volume des doigts, trouve son emploi dans l'exploration d'une foule d'organes.

Pour confectionner une valve, on taille dans une plaque de liège une gouttière dont la concavité loge aisément l'organe dont on veut étudier les variations de volume; on enduit cette gouttière de paraffine en la plongeant dans un bain de paraffine fondue; la paraffine une fois concrétée, par le refroidissement, en une couche mince, on introduit la gouttière dans un manchon de caoutchouc d'un calibre tel, que la

partie du manchon qui forme un pont d'un bord à l'autre de la gouttière soit modérément tendue; on pose, sur chacun des bouts du manchon, au ras de l'extrémité de la gouttière, une ligature circulaire, mais après avoir introduit, dans l'un d'eux, un petit tube de verre; on immerge le tout dans de l'eau chaude; la paraffine alors se liquéfie et fait adhérer la face dorsale de la gouttière à la portion du manchon de caoutchouc qui lui correspond. Finalement, on obtient un appareil clos, n'ayant d'autre voie d'abduction que le tube de verre, et constitué par une gouttière que sous-tend une membrane de caoutchouc. On accouple deux appareils semblables en adossant l'une à l'autre deux membranes, et on les attache ensemble par des liens circulaires, de façon à constituer, somme toute, une façon de cylindre cloisonné dans sa longueur par une membrane élastique double; on accouple, par un tube en Y, les deux tubes de verre abducteurs. En aspirant l'air contenu dans l'appareil ainsi constitué, on voit les deux membranes de caoutchouc se séparer l'une de l'autre pour s'accoler chacune au fond de sa gouttière; on peut alors introduire aisément l'organe entre les deux membranes

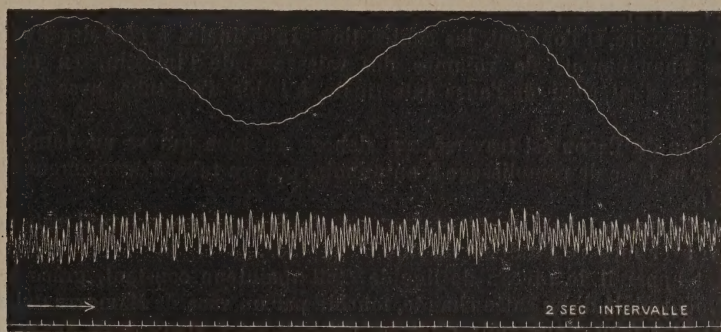


FIG. 154. — Tracés simultanés des variations de volume de la rate (tracé supérieur) et de la pression artérielle (tracé inférieur).

écartées; on supprime finalement le vide dans l'appareil, et les deux membranes viennent s'accoler à la surface de l'organe introduit dans leur intervalle. Il ne reste plus qu'à relier le tube en Y à un tambour inscripteur, pour obtenir les tracés volumétriques.

On peut se contenter d'une seule gouttière, d'une seule valve à membrane, appliquée sur une des faces d'un organe, pourvu que la face opposée soit maintenue par une valve pleine ou une plaque de soutien quelconque, d'une forme et d'une dimension appropriées à celles de l'organe.

3) DASTRE et MORAT, dans leurs recherches sur les variations de volume du rein, au lieu de mettre directement en communication le sac du récipient (de l'oncomètre) en communication directe avec un tambour enregistreur, employaient un deuxième sac à air intermédiaire. Ils avaient donc deux sacs (ou ballons) conjugués; l'un, placé dans le récipient, communiquait par un tube avec un autre sac (ballon) contenu dans un petit flacon mis en communication avec un tambour enregistreur. Ce dernier enregistrait donc les déplacements de l'air provoqués par les mouvements du ballon contenu dans le flacon.

4) SCHÄFER et MORE, au lieu d'employer un récipient ovale comme l'oncomètre de ROY, se sont servis d'une sorte de boîte rectangulaire en gutta-percha, dont une des parois était en verre. Entre l'organe et la paroi, il n'y avait pas de coussinet spécial; l'air de la boîte communiquait directement avec un tambour enregistreur ou avec un piston recorder.

5) Quand il s'agit d'étudier les variations de volume de l'intestin, la méthode d'inclusion d'une portion de l'intestin entre les deux coussinets d'un pléthysmographe à air présente des inconvénients. En effet, le pléthysmographe à air expose à prendre des indications myographiques pour des indications vaso-motrices, car, cet appareil n'étant applicable que grâce à une certaine pression exercée sur la paroi intestinale, les

changements de consistance de cette paroi ne peuvent manquer d'agir sur l'explorateur élastique et de se traduire par des courbes qu'il est souvent fort difficile de distinguer des véritables courbes volumétriques.

Pour obvier à cet inconvénient, FRANÇOIS-FRANCK et HALLION ont construit des appareils spéciaux.

Leur *appareil volumétrique à déplacement* avec inscription par transmission à air se compose d'un flacon de verre à large goulot dans lequel on introduit une anse intestinale, attirée hors de l'abdomen et séparée du reste de l'intestin par une section faite entre deux gros fils à ligature. Cette anse est en rapport avec un large repli mésentérique. Le fond du flacon est remplacé par un bouchon de caoutchouc percé de plusieurs trous. L'orifice d'entrée du flacon est muni d'une membrane souple de caoutchouc qui s'applique sur le mésentère. Cette membrane peut s'invaginer sur elle-même, de façon à constituer un cul-de-sac qui assure l'herméticité de l'appareil. Le flacon est rempli d'eau salée dans laquelle flotte le paquet intestino-mésentérique. Au-dessus du niveau du liquide, on a ménagé une chambre à air qui communique par un tube avec un tambour enregistreur.

On peut inscrire, si l'on veut, les contractions intestinales à côté des tracés représentant les changements de volumes des vaisseaux de l'intestin, en mettant en communication l'intérieur de l'anse intestinale, à l'aide d'un tube, avec un tambour enregistreur.

Le bouchon du flacon est traversé, en dehors du tube qui va au tambour enregistreur, par un tube de remplissage à entonnoir, par un tube d'écoulement et par un thermomètre.

FRANÇOIS-FRANCK et HALLION (1896) ont employé aussi un *appareil volumétrique à déversement* avec mesure du débit du liquide déplacé.

Dans cet appareil le niveau du liquide était maintenu constant, grâce à l'apport rigoureusement réglé d'eau salée chaude, fournie par un vase de MARIOTTE qui se déversait par gouttes dans l'appareil; un tube d'écoulement, disposé de façon que son orifice extérieur fût exactement sur le même plan que le niveau du liquide dans l'appareil, débitait un nombre de gouttes exactement semblable à celui que fournissait le vase de MARIOTTE; le volume des gouttes étant le même de part et d'autre, la constance du niveau était assurée.

Le contrôle de l'appareil était obtenu en montrant que l'addition de la moindre masse liquide ou solide produisait tout aussitôt une augmentation dans le nombre des gouttes qui s'écoulaient par l'orifice de déversement; réciproquement, l'aspiration d'une très petite quantité de liquide déterminait une diminution dans les gouttes de sortie. Cet écoulement s'enregistrait au moyen d'une palette oscillante fixée au levier d'un tambour à air.

§ III. — Pléthysmographie des organes isolés.

Les variations de volume des organes isolés peuvent être étudiées de la même façon que les variations de volume des organes en place. — Quelquefois on emploie des dispositifs particuliers.

Mosso a employé le dispositif suivant :

L'organe (le rein), dans lequel on fait la circulation artificielle, est placé dans un récipient plein d'huile. — Un tube établit la communication entre le récipient et une éprouvette qui est suspendue à une poulie et équilibrée par un contrepoids. L'éprouvette plonge dans un vase plein d'huile. Quand le volume de l'organe diminue, l'éprouvette monte, et le contrepoids descend. La plume fixée au contrepoids enregistre les variations du volume.

Un tube du récipient fait pénétrer le sang artériel dans l'organe; un autre laisse sortir le sang veineux. La pression est maintenue constante à la surface de l'organe.

SCHÄFER (1884) a photographié les variations du volume d'un organe, en employant un pléthysmographe à eau. L'organe était renfermé dans une boîte de verre, reliée à un tube horizontal; la boîte et le tube étaient remplis d'eau. On photographiait les mou-

vements du liquide dans le tube. Le tube avait 3 à 4 millimètres de diamètre, et 15 à 20 centimètres de longueur. Il était pourvu d'un robinet. On le plaçait derrière une étroite fente faite dans la paroi d'une chambre obscure; un écran avec une autre fente était placé en face du tube. Les rayons qui traversaient la portion du tube pleine d'air étaient interceptés par la réflexion interne; une ligne lumineuse représentait sur la surface sensible les oscillations de la colonne d'eau.

V

Tachographie.

A. Méthode indirecte. — Une simple construction géométrique nous permet de tracer, d'après la courbe des variations de volume ou *pléthysmogramme*, la courbe des variations de la vitesse du sang, le *tachogramme*.

En effet, l'inclinaison de la courbe du pléthysmogramme, à un moment déterminé, représente la vitesse avec laquelle s'est fait le changement de volume à ce moment-là, c'est-à-dire, la vitesse avec laquelle le sang pénètre dans un membre. Pour mesurer la pente de la courbe pléthysmographique, on trace une tangente à cette courbe, et on mesure la tangente trigonométrique de l'angle que la tangente à la courbe fait avec l'axe des abscisses. La valeur ainsi obtenue représente l'ordonnée de la courbe de la vitesse au moment considéré. — En faisant des constructions analogues pour différents points de la courbe des variations du volume, on obtient différents points de la courbe des variations de la vitesse. C'est ainsi qu'ont procédé FICK, KATZENSTEIN, etc.

B. Méthode directe. — I. On peut connaître la vitesse du sang en mesurant le volume de sang écoulé d'une artère dans un temps donné. Cette méthode a été employée dans le laboratoire de LUDWIG.

Pour enregistrer la vitesse du sang, il suffit d'enregistrer le volume du sang écoulé. Pour cela on reçoit le sang dans une bouteille, pleine d'une substance anticoagulante, qui est mise en communication avec un tube en U, dont l'une des branches est pourvue d'un flotteur enregistreur. A mesure que du sang pénètre dans la bouteille, du liquide en sort et va dans le tube en U. Connaissant le calibre du tube, il est facile de connaître la valeur des ordonnées en volume.

Cette méthode n'est applicable que dans le cas où l'on ne craint pas les grandes pertes de sang. — Pour des recherches prolongées, LUDWIG a construit un appareil appelé *Stromuhr*.

HÜRTLE a construit récemment un appareil enregistreur de la vitesse du sang basé sur le principe de l'appareil de LUDWIG (transformé par TIGERSTEDT). Dans cet appareil, le sang pénètre dans un cylindre par le fond et en sort par la surface supérieure pour aller dans un tube, et de là dans l'artère. Dans le cylindre, qui est une sorte de corps de pompe, le sang qui entre et le sang qui en sort sont séparés par un piston. Ce piston est mis en mouvement par le passage du sang. Les mouvements du piston équilibré sont transmis à un levier enregistreur au moyen d'un fil qui relie le piston au levier.

II. Pour mesurer la vitesse du sang, VIERORDT (1858) a imaginé un appareil appelé *Hémotachomètre*. Cet appareil se compose d'une cage rectangulaire dont les parois opposées sont formées par des glaces transparentes. Le sang pénètre dans cette boîte par un ajutage situé d'un côté, et en sort par un autre ajutage situé du côté opposé. Dans son passage à travers la boîte, le sang fait dévier un petit pendule à boule d'argent. Cette boule est munie de deux pointes qui touchent sans frottement les deux glaces; on peut ainsi voir les mouvements du pendule, malgré l'opacité du sang. La vitesse du sang est donnée par la déviation du pendule, qu'on mesure à l'aide d'un cercle gradué.

Plus tard, VIERORDT a enregistré les mouvements du pendule de son tachomètre de la façon suivante: il imitait les mouvements du pendule avec la main. Les mouvements de ce pendule extérieur étaient enregistrés facilement.

Le procédé de VIERORDT est mauvais, parce que toutes les pièces qui le constituent présentent une grande inertie.

L'hémodynamographe de CHAUVÉAU (1858) est construit sur le même principe que l'appareil de VIERORDT; mais il lui est supérieur, parce qu'il n'a pas une grande inertie.

Cet appareil se compose d'un tube métallique qu'on intercale sur le trajet d'une artère. Ce tube présente une sorte de fenêtre fermée par une membrane de caoutchouc.

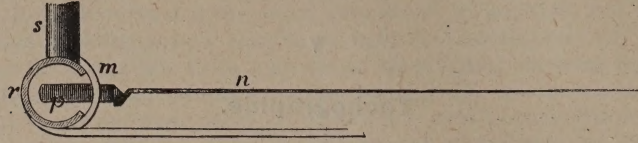


Fig. 155. — Hémodynamographe de CHAUVÉAU et LORTET.

Une longue aiguille traverse cette membrane; l'extrémité de l'aiguille qui est dans l'intérieur du tube est terminée par une petite plaque; l'extrémité de la longue branche extérieure de l'aiguille se termine par une plume enregistreuse. — Le sang, en traversant le tube, déplace la palette de l'aiguille. Les déviations de l'aiguille sont proportionnelles à la vitesse du sang.

La fig. 153 représente, d'après LORTET, cet appareil (1/3 grand. nat.). La section du tube métallique est en *r*; la membrane de caoutchouc en *m*; en *p* c'est la palette de l'aiguille *n*; en *s* le support du tube.

L'hémodynamographe à transmission de CHAUVÉAU est basé sur le même principe que l'appareil précédent. A part le changement apporté par la mise en relation avec la membrane d'un tambour à air, cet appareil, représenté par la fig. 156, présente en plus quelques changements. — La membrane de caoutchouc *m* n'est plus appliquée sur une fenêtre du tube *pc* qu'on introduit dans l'artère; mais sur l'ouverture supérieure d'un tube qui entoure l'aiguille *n*. — Ce dernier tube est mobile sur le tube *pc*, ce qui permet l'arrangement de l'appareil et l'introduction de la palette *pl*. Le sang, en traversant le tube *pc*, agit exclusivement sur la palette, parce que l'ouverture qui sépare les deux tubes perpendiculaires l'un à l'autre est une fente très étroite, permettant seulement les mouvements de l'aiguille. — Un tube latéral, qui n'est pas représenté sur la figure, permet le nettoyage de l'appareil et l'introduction d'une substance anticoagulante dans le tube qui entoure l'aiguille. — Le tambour *k* communique avec un tambour enregistreur.

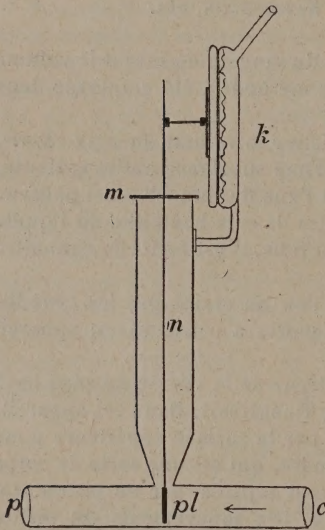


Fig. 156. — Hémodynamographe à transmission de CHAUVÉAU.

Étant données les dimensions de cet appareil (le tube qu'on introduit dans l'artère présente un diamètre de 6 millimètres, et une longueur de 4 à 5 centimètres), on ne peut s'en servir que pour

l'étude de la vitesse du sang dans les artères carotides du cheval.

FRANÇOIS-FRANCK (1890), pour étudier la vitesse du sang dans les jugulaires du cheval, a remplacé la membrane de caoutchouc par une lamelle de baudruche assouplie par l'eau glycinée.

Pour étudier la vitesse du sang chez le chien, FRANÇOIS-FRANCK a implanté dans la paroi de l'artère une aiguille, et il en a enregistré les mouvements. De cette façon il avait un hémodynamographe rudimentaire dans lequel le tube de l'appareil était représenté par la paroi artérielle même.

III. CYBULSKI a construit un appareil appelé *photohémotachomètre*, basé sur le principe des tubes de PITOT : Deux tubes verticaux, dont les extrémités inférieures tournées

en sens contraire, plongent dans un tube horizontal traversé par le courant sanguin. Les liquides qui remplissent les tubes verticaux présentent des différences de niveaux proportionnelles à la vitesse du sang. Ces différences de niveaux des deux colonnes liquides sont photographiées sur une surface sensible en mouvement.

IV. Une méthode très ingénieuse, qui permet d'obtenir directement le tracé de la vitesse du sang, est la suivante, qui a été employée par v. KRIES (1888), ABELES (1892) et autres.

On enferme la main et une partie de l'avant-bras dans la boîte d'un pléthysmographe à air. Cette boîte communique par un tube avec un brûleur, comme celui qui est représenté par la fig. 158. Dans ce brûleur, l'air chassé du pléthysmographe arrive par le tube C. Par le tube B pénètre le gaz, qui, après avoir traversé le tube A, est allumé à l'extrémité de ce dernier tube. La hauteur de la flamme dépendra de la quantité de gaz qui l'alimente et du courant d'air qui arrive par le tube C. A chaque variation de volume du membre enfermé dans la boîte pléthysmographique, il se produit un courant d'air. L'intensité de ce courant d'air exprime la

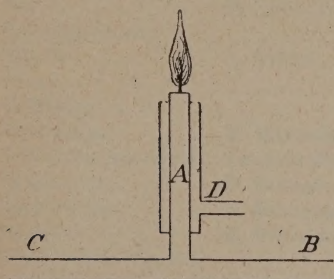


FIG. 158. — Flamme tachographique.

vitesse avec laquelle le volume du membre augmente et diminue; par conséquent, l'intensité du courant d'air représente la vitesse de l'afflux du sang dans le membre. Comme le courant d'air agit sur la flamme manométrique, les variations de celle-ci représenteront les variations de la vitesse du sang. Bien entendu, il faut que pendant toute la durée de l'expérience le courant gazeux qui alimente la flamme soit constant. La flamme monte quand l'air sort du pléthysmographe, elle descend quand l'air est aspiré. Si le changement de volume du membre se fait très lentement, la flamme reste immobile. C'est la vitesse avec laquelle se font les variations de volume qui agit sur la flamme, et non pas la variation

absolue du volume. Quand la flamme descend très bas, elle pourrait s'éteindre si le brûleur n'était muni d'un dispositif spécial. Comme on peut le voir sur la figure, la flamme est alimentée par un second courant gazeux qui lui arrive par le manchon D qui entoure le tube A par lequel passe le courant gazeux principal.

La flamme est photographiée au moyen d'un objectif. L'image renversée de la

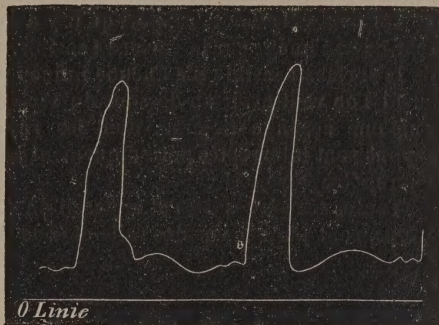


FIG. 157. — Tracé de la vitesse du sang dans l'artère carotide droite du cheval (LORTET).

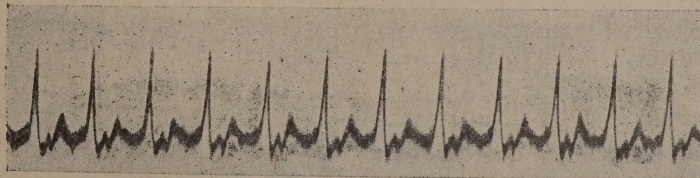


FIG. 159. — Tachogramme photographique (v. KRIES).

flamme est projetée sur la fente (large de 25 millimètres) d'un écran qui cache un cylindre enregistreur recouvert d'une feuille de papier sensible. Pour qu'il n'y ait pas de superposition d'image, un dispositif spécial fait que le cylindre ne fait qu'un tour devant la fente ouverte. Le disque qui cache la fente présente un trait qui indique

la position de celle-ci. De cette façon, on peut facilement régler l'appareil de telle sorte que l'image de la fente tombe sur ce trait. L'expérience peut se faire en plein jour. Le cylindre est enfermé dans une caisse; l'espace compris entre l'objectif et la fente est recouvert d'un manchon; derrière la flamme il y a un écran noir.

On peut calculer le rapport qu'il y a entre la hauteur réelle de la flamme et la hauteur de son image sur la surface sensible. La vitesse avec laquelle se fait le mouvement de la surface sensible n'a aucune influence sur la hauteur des images.

Si l'on veut avoir au-dessous du tachogramme l'indication du temps, on photographie une seconde flamme, dont les rayons sont réfléchis par un petit miroir. Ces rayons sont interceptés périodiquement par une petite feuille de papier fixée au battant d'un métronome.

Toutes les pièces de cet appareil de v. KRIES, appelé *Tachographe à flamme manométrique*, sont placées sur des rails et constituent un ensemble facile à manier.

MARIETTE POMPILIAN.

(A suivre.)



TABLE DES MATIÈRES

DU SEPTIÈME VOLUME

	Pages.		Pages.
Galvanotaxie.	M. MENDELSSOHN. 1	Glandes.	CH. LIVON. 191
Gaulthérine.	E. BOURQUELOT. 26	Gley (A.)	 201
Gaz.	NICLOUX. 28	Globulines.	A. PERRET. 206
Geissospermine.	 42	Glossopharyngien (nerf) E. WERTHEIMER.	213
Gélatine.	A. PERRET. 42	Glycogène.	E. PELÜGER. 228
Gélose.	 62	Découverte du glycogène	228
Gelsémine.	 62	Analyse	235
Génération.	E. RETTERER. 66	Extension dans le règne animal.	295
Génération spontanée. CHARLES RICHET.	73	Origines.	317
Gentianose.	E. BOURQUELOT. 81	Destruction	417
Gentiopicroine.	E. BOURQUELOT. 84	Le diabète.	450
Gentisine.	E. BOURQUELOT. 85	Glycolyse	R. LÉPINE. 499
Géotropisme des ani- maux.	M. MENDELSSOHN. 86	Glycoses.	A. PERRET. 516
Géotropisme des végé- taux.	H. RICÔME 93	Glycosides.	H. HÉRISSEY 539
Germination.	ED. GRIFFON. 101	Glycérine.	M. NICLOUX. 555
Gérontine.	 119	Goitre (V. Thyroïde).	 569
Gestation.	A. PINARD 120	Gommes.	 569
Giacosa (P.).	 188	Goût	N. VASCHIDE. 570
Glairine.	A. PERRET 190	Graisses.	LAUNOIS et MEIL- LÈRE 709
		Graphique (méthode). M. POMPILIAN	741

EXTRAIT DU CATALOGUE

- BEAUNIS (H.). Les Sensations internes. 1 vol. in-8. Cart. 6 fr.
 CYON (E. DE). Les Nerfs du cœur. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
 DUMAS (G.) La Tristesse et la joie. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
 — et JANET. Journal de psychologie normale et pathologique. Paraît tous les deux mois. 3^e année, 1906. Abonnement : un an du 1^{er} janvier, 14 fr. La livraison. 2 fr. 60
 DUVAL (Mathias). Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux, dirigé par MATHIAS DUVAL, avec le concours des P^{rs} RETTERER et TOURNEUX. Paraît tous les deux mois par fascicules de 7 feuilles in-8 avec planches dans le texte et hors texte. 41^e année, 1906. Abonnement : un an, du 1^{er} janv., Paris : 30 fr. Départements et Étranger : 33 fr. La livraison . . . 6 fr.
 DUVAL (Mathias). Études sur l'embryologie des chéiroptères. 1^{re} partie : *L'ovule, la gastrula, le blastoderme et l'origine des annexes chez le Murin*. 1 vol. in-4^e avec gravures, et 5 pl. en taille-douce, hors texte. 15 fr.
 GELLÉ (E.-M.). L'Audition et ses organes. 1 vol. in-8 avec grav. Cart. à l'angl. 6 fr.
 GLEY (E.). Études de psychologie physiologique et pathologique. 1 vol. in-8^e avec grav. 5 fr.
 JANET (Pierre). L'Automatisme psychologique. 5^e édition, 1 vol. in-8. 7 fr. 50
 LANGLOIS (P.). Les Capsules surrénales. 1 vol. in-8 . . . 4 fr.
 LE DANTEC. Évolution individuelle et hérédité. 1 vol. in-8, cart. à l'angl. 6 fr.
 — Théorie nouvelle de la vie. 3^e édition, 1 vol. in-8, cart. à l'angl. 6 fr.
 — Le Déterminisme biologique et la personnalité consciente. 1 vol. in-12. 2 fr. 50
 — L'Individualité et l'erreur individualiste. 1 vol. in-12. 2 fr. 50
 LE DANTEC. Lamarckiens et Darwinien. Discussion de quelques théories sur la formation des espèces. 2^e édition. 1 vol. in-12. 2 fr. 50
 — Les Limites du connaissable. La vie et les phénomènes naturels. 2^e édition. 1 vol. in-8^e. 3 fr. 75
 — Traité de biologie. 2^e édit. 1 fort vol. in-8^e. 15 fr.
 — Introduction à la pathologie générale. 1 fort vol. in-8. 15 fr.
 — Les Lois naturelles. 1 vol. in-8 cart. 6 fr.
 — Éléments de philosophie biologique. In-16. 3 fr. 50
 MARREY. La Machine animale. 6^e édit., 1 vol. in-8. Cart. 6 fr.
 MOSSE. La Peur, étude psycho-physiologique, traduit de l'italien par M. F. HÉMENT. 3^e édition. 1 vol. in-18, avec fig. dans le texte. 2 fr. 50
 MOSSE. La Fatigue, étude psycho-physiologique, traduit de l'italien par le docteur LANGLOIS. 1 v. in-18, avec fig. 2 fr. 50
 RICHEL (Ch.). La Chaleur animale. 1 vol. in-8 avec fig. 6 fr.
 — Du Suc gastrique chez l'homme et chez les animaux, 1 vol. in-8. 4 fr. 50
 — Essai de psychologie générale. 1 vol. in-12, 6^e édit. 2 fr. 50
 — Dictionnaire de physiologie, publié avec le concours de savants français et étrangers. Formera 12 vol. gr. in-8, se composant chacun de 3 fasc. Chaque volume, 25 fr. ; chaque fascicule, 8 fr. 50. 7 vol. ont paru.
 — et SULLY PRUDHOMME. Le Problème des causes finales. 3^e édition. 1 vol. in-12. 2 fr. 50
 SOLLIER. Les Phénomènes d'autoscopie. 1 vol. in-12. 2 fr. 50
 Le mécanisme des émotions. 1 vol. in-8. 5 fr.
 TISSIÉ. Les Rêves. Physiologie et pathologie. Préface de M. le professeur AZAM. 1 vol. in-12, 2^e édition. . . 2 fr. 50
 TISSIÉ. La Fatigue et l'Entraînement physique. 2^e éd. 1 vol. in-12, avec grav. Cart. à l'angl. 4 fr.

PHYSIOLOGIE

TRAVAUX DU LABORATOIRE

DE

M. CHARLES RICHEL

- TOME I. — Système nerveux, Chaleur animale. 1 vol. in-8, 96 fig., 1893. *Épuisé*.
 TOME II. — Chimie physiologique, Toxicologie. 1 vol. in-8, 129 fig., 1894. *Épuisé*.
 TOME III. — Chloralose, Sérothérapie, Tuberculose. 1 vol. in-8, 25 fig., 1895. 12 fr.
 TOME IV. — Appareils glandulaires, Nerfs et Muscles, Sérothérapie, Chloroforme. 1 vol. in-8, 57 fig., 1898. 12 fr.
 TOME V. — Muscles et Nerfs, Thérapeutique de l'Épilepsie, Zomothérapie, Réflexes psychiques. 1 vol. in-8, 78 fig., 1902. 12 fr.